

# RETROFITTING A RESIDENTIAL BUILDING TOWARDS A NET-ZERO ENERGY BUILDING

---

Ignacio Pérez López

Mentor

María Consuelo Gómez Pulido

Leganés

Presentation date: 04/07/2017



Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**

# INDEX

<b>INDEX .....</b>	<b>2</b>
<b>INDEX OF FIGURES .....</b>	<b>5</b>
<b>INDEX OF TABLES .....</b>	<b>7</b>
<b>DEFINITIONS.....</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>11</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>12</b>
<b>2. BACKGROUND AND CASE STUDY ANALYSIS .....</b>	<b>13</b>
2.1. ENERGY CONSUMPTION AND ENVIRONMENTAL IMPACT IN CONSTRUCTION SECTOR .....	13
2.1.1. <i>Consumption patterns in energy consumption of households.....</i>	<i>14</i>
2.1.2. <i>Residential sector analysis in Spain.....</i>	<i>15</i>
2.2. STATE OF THE ART OF THE HOUSING STOCK IN SPAIN .....	17
2.2.1. <i>Detailed analysis of the housing stock of Spanish residential sector .....</i>	<i>17</i>
2.3. DIFFERENT CONCEPTS OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS .....	19
a) <i>Zero-energy building (ZEB).....</i>	<i>19</i>
b) <i>Nearly-zero energy building (NZEB) .....</i>	<i>20</i>
c) <i>Plus-energy building .....</i>	<i>21</i>
2.4. ROADMAP OF ENERGY SUSTAINABLE RETROFITS .....	23
<b>3. REGULATORY ENVIRONMENT .....</b>	<b>26</b>
WHAT IS THE CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN? .....	26
REGULATORY FRAMEWORK .....	27
STRUCTURE AND CONTENT .....	28
3.1. DB HE: AHORRO DE ENERGÍA.....	29
<b>4. DESCRIPTION OF THE ORIGINAL PROJECT .....</b>	<b>32</b>
4.1. OBJECTIVES AND JUSTIFICATION OF THE PROJECT .....	32
4.1.1. <i>Social and economic factors .....</i>	<i>32</i>
4.1.2. <i>Typological reasons.....</i>	<i>33</i>
4.1.3. <i>Geographical location .....</i>	<i>33</i>
4.2. BUILDING SPECIFICATIONS .....	35
4.2.1. <i>Compliance of the CTE .....</i>	<i>35</i>
<b>5. ANALYSIS AND DATA OF THE ORIGINAL BUILDING.....</b>	<b>36</b>

5.1.	GEOGRAPHICAL ORIENTATION .....	36
5.2.	ELECTRICAL INSTALLATION AND ESTIMATED ELECTRICITY CONSUMPTION .....	38
5.2.1.	<i>Estimated electricity consumption</i> .....	39
5.2.2.	<i>Required power</i> .....	41
5.2.3.	<i>Electricity tariff</i> .....	45
<b>6.</b>	<b>ORIGINAL BUILDING ENERGY CERTIFICATION .....</b>	<b>46</b>
6.1.	CE3X .....	46
6.2.	CLIMATIC ZONES .....	47
6.3.	HOT WATER SANITARY USE DIARY DEMAND .....	48
6.4.	THERMAL ENCLOSURE .....	49
6.5.	PATTERN OF SHADOWS .....	52
6.6.	BUILDING INSTALLATIONS .....	53
6.7.	ENERGY CERTIFICATION OF THE BUILDING .....	54
<b>7.</b>	<b>RETROFITTING INTERVENTION - METHODOLOGY AND ASSOCIATED WORK PLAN .....</b>	<b>59</b>
7.1.	BIOMASS HEAT GENERATOR INSTALLATION .....	59
7.1.1.	<i>Boiler model</i> .....	60
7.2.	PHOTOVOLTAIC INSTALLATION .....	62
7.2.1.	<i>Principles of PV solar energy</i> .....	62
7.2.2.	<i>The photovoltaic effect</i> .....	63
7.2.3.	<i>Solar cell</i> .....	64
7.2.4.	<i>Terminology</i> .....	65
7.2.5.	<i>Design possibilities</i> .....	66
7.2.6.	<i>Determining power of installation</i> .....	66
7.2.7.	<i>Energy storage units</i> .....	70
7.3.	GUARANTEES OF ORIGIN SYSTEM .....	74
7.3.1.	<i>GUARANTEES OF ORIGIN</i> .....	74
	Legislation .....	75
	Procedure .....	75
7.3.2.	<i>ELECTRICITY LABELLING</i> .....	77
	Concept and objective of electricity labelling .....	77
	Legislation .....	77
	Reporting procedure .....	77
<b>8.</b>	<b>SOCIO-ECONOMIC ENVIRONMENT .....</b>	<b>79</b>
8.1.	SOCIO-ECONOMIC IMPACTS .....	79
8.2.	ECONOMIC STUDY .....	80
<b>9.</b>	<b>JUSTIFICATION OF THE PROPOSED SOLUTION AND CONCLUSION .....</b>	<b>86</b>

ENERGY CONTRIBUTIONS .....	87
CONCLUSION .....	90
<b>REFERENCES .....</b>	<b>92</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>95</b>
ANNEX I .....	95
ANNEX II .....	96
ANNEX III .....	108
ANNEX IV .....	110
ANNEX V .....	111
<b>CONSTRUCTION PLANS .....</b>	<b>156</b>



## INDEX OF FIGURES

FIGURE 2-1. ENERGY CONSUMPTION PER SECTOR IN THE EUROPEAN UNION IN THE YEAR 2014. SOURCE: EUROSTAT.....	13
FIGURE 2-2. TOTAL GLOBAL ENERGY CONSUMPTION EVOLUTION. SOURCE: GLOBAL ENERGY STATISTICAL YEARBOOK 2016 .....	14
FIGURE 2-3. GROWTH IN GLOBAL ELECTRICITY DEMAND BY SECTOR. SOURCE: WORLD ENERGY OUTLOOK 2016 [3] .....	15
FIGURE 2-4. EVOLUTION OF SECTORAL DEMAND OF ENERGY. SOURCE: MINETUR / IDEA.....	16
FIGURE 2-5. GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF CLIMATIC ZONES IN SPAIN. ....	17
FIGURE 2-6. SKETCH OF THE CONNECTION BETWEEN BUILDINGS AND ENERGY GRIDS. SOURCE: SARTORI, I; NAPOLITANO, A.; VOSS, K.: NET ZERO ENERGY BUILDINGS: A CONSISTENT DEFINITION FRAMEWORK. ENERGY AND BUILDINGS.....	19
FIGURE 2-7. WEIGHTED GENERATION / WEIGHTED DEMAND. SOURCE: SARTORI, I; NAPOLITANO, A.; VOSS, K.: NET ZERO ENERGY BUILDINGS: A CONSISTENT DEFINITION FRAMEWORK [10]. ....	21
FIGURE 2-8. WORLD ENERGY CONSUMPTION [QUADRILLION BTU], 1990-2040. SOURCE: U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK 2016 [2]. ....	23
FIGURE 2-9. HOUSE RETROFITS AND ECONOMY DATA EXPECTATIONS. SOURCE: INFORME GTR 2012: UNA VISIÓN-PAÍS PARA EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN EN ESPAÑA (ALBERT CUCHI & PETER SWEATMAN) [4]. ....	24
FIGURE 3-1. DOCUMENTOS BÁSICOS THAT CONSTITUTE THE CTE. ....	28
FIGURE 4-1. GEOGRAPHICAL LOCATION OF LOS VILLARES IN THE METROPOLITAN AREA OF JAÉN. ....	33
FIGURE 4-2. GLOBAL IRRADIATION IN EUROPE. ....	34
FIGURE 5-1. EARTH AXIAL TILT. SOURCE: NASA SPACEPLACE.....	36
FIGURE 5-2. SITUATION OF THE BUILDING.....	37
FIGURE 5-3. ELEMENTS DISTRIBUTION IN LOW VOLTAGE LINKED INSTALLATIONS. SOURCE: GUÍA VADEMECUM FOR INSTALACIONES DE ENLACE EN BAJA TENSIÓN .....	38
FIGURE 5-4. CONSUMPTION STRUCTURE BY ENERGY USE IN THE MEDITERRANEAN ZONE. ....	39
FIGURE 5-5. DISAGGREGATED CONSUMPTIONS IN THE MEDITERRANEAN CLIMATE ZONE.....	40
FIGURE 5-6. TYPICAL DEMAND CURVE ALONG A DAY. SOURCE: RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA. ....	44
FIGURE 6-1. MEAN DAILY GLOBAL SOLAR RADIATION ON A HORIZONTAL SURFACE ALONG THE YEAR [kWh/m <sup>2</sup> ]. HISTORICAL DATA. SOURCE: AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA [21]. ....	47
FIGURE 6-2. THERMAL ENCLOSURE DEFINITION WITH CE3X SOFTWARE. SOURCE: CE3X.....	49
FIGURE 6-3. SOFTWARE TAB FROM CE3X TO DEFINE ENCLOSURE CHARACTERISTICS OF THE BUILDING. SOURCE: CE3X SOFTWARE. ....	50
FIGURE 6-4. AZIMUTH, ZENITH AND ALTITUDE ANGLES OF SUN. ....	52
FIGURE 6-5. PATTERN OF SHADOWS OF THE FRONT FAÇADE. SOURCE: CE3X.....	53
FIGURE 6-6. ENERGY CERTIFICATION OF THE EXISTING BUILDING. SOURCE: CE3X .....	56
FIGURE 6-7. ENERGY CERTIFICATION OF EXISTING BUILDINGS PER EMISSIONS. SOURCE: [23] .....	57
FIGURE 7-1. PHOTOVOLTAIC EFFECT. SOURCE: U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. ....	63
FIGURE 7-2. PV PANEL COMPONENTS. SOURCE: SMARTCLIMA. ....	64
FIGURE 7-3. PV INSTALLATION ON A FLAT ROOF. ....	66
FIGURE 7-4. PV SYSTEM OUTPUT ENERGY SIMULATION. SOURCE: PVSYST. ....	69

FIGURE 7-5. REAL DEMAND CURVE IN SPANISH ELECTRIC SYSTEM. SOURCE: RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (REE) .....	71
FIGURE 7-6. CONSUMPTION VS. PRODUCTION OF ENERGY WITH A PV INSTALLATION.....	71
FIGURE 7-7. COMPARISON OF DIFFERENT STORAGE SYSTEMS. SOURCE: CORNWALL SOLAR PANELS.....	72
FIGURE 7-8. SCHEME OF TESLA POWERWALL 2 AC INTEGRATED IN A PV-GRID SYSTEM. SOURCE: TESLA. ....	73
FIGURE 7-9. DIAGRAM OF PROCEDURES IN THE ISSUING PROCESS OF THE GoOs. SOURCE: [32].....	76
FIGURE 7-10. ELECTRICITY LABELLING FORMAT EXAMPLE, YEAR 2015. SOURCE: COMISIÓN NACIONAL DE LOS MERCADOS Y LA COMPETENCIA (CNMC). ....	78
FIGURE 8-1. ANNUAL EXPENSE ON HEATING, REFRIGERATION AND DOMESTIC HOT WATER DEPENDING ON THE ENERGY CERTIFICATION FOR A 100 M <sup>2</sup> DWELLING. SOURCE: ECOOBSERVATORIO.COM .....	79
FIGURE 8-2. PROJECT'S BUDGET.....	81
FIGURE 8-3. ANNUAL CASH FLOWS. ....	85
FIGURE 9-1. DETAILED GLOBAL ENERGY CERTIFICATION AFTER REFURBISHMENT. SOURCE: CE3X .....	86
FIGURE 9-2. ENERGY CERTIFICATION AFTER INSTALLATION OF PV SYSTEM. SOURCE: CE3X .....	87
FIGURE 9-3. REDEMPTIONS IN THE FINAL CONSUMERS - NUMBER OF CONSUMERS. SOURCE: [32].....	88
FIGURE 9-4. ENERGY CERTIFICATION AFTER INSTALLATION OF BIOMASS BOILER. SOURCE: CE3X.....	89
FIGURE 9-5. ENERGY CERTIFICATION OF THE BUILDING AFTER THE APPLICATION OF THE AMELIORATING ACTIONS. SOURCE: CE3X.....	90

## INDEX OF TABLES

TABLE 1. WORLD ENERGY CONSUMPTION BY COUNTRY GROUPING, 2012-2040 [QUADRILLION BTU]. SOURCE: INTERNATIONAL ENERGY STATISTICS DATABASE (AS OF MAY 2015).....	24
TABLE 2. DISAGGREGATION OF TOTAL ENERGY CONSUMPTION IN THE BUILDING .....	40
TABLE 3. GLOBAL SOLAR RADIATION. ....	47
TABLE 4. REFERENCE DEMAND AT 60 °C. SOURCE: SECCIÓN HE4. CONTRIBUCIÓN SOLAR MINIMA DE AGUA CALIENTE [13].....	48
TABLE 5. THERMAL TRANSMITTANCES OF THE ARCHITECTURAL ELEMENTS. ....	51
TABLE 6. MINIMUM SOLAR CONTRIBUTION IN % WITH GENERAL CASE. SOURCE: [22].....	54
TABLE 7. SPECIFIED PARAMETER FOR TRANSMITTANCE OF THERMAL ENCLOSURE ELEMENTS. SOURCE: DB-HE1. ....	58
TABLE 8. BIOFUELS CHARACTERISTICS. ....	60
TABLE 9. TECHNICAL DATA OF THE DOMUSA BIOCLASS HM43. SOURCE: DOMUSA TEKNIK. ....	61
TABLE 10. GLOBAL RADIATION AND TOTAL POWER OF THE PV INSTALLATION ESTIMATIONS FROM PVSYST SOFTWARE. SOURCE: PVSYST.....	69
TABLE 11. DISCOUNTED PAYBACK PERIOD ESTIMATION. ....	84

## DEFINITIONS

### ***Energy efficiency***

Energy efficiency is a key to ensuring a safe, reliable, affordable and sustainable energy system for the future. It is the one energy resource that every country possesses in abundance and is the quickest and least costly way of addressing energy security, environmental and economic challenges. While energy efficiency policies are becoming a key part of the global energy market, there remains vast untapped potential and the IEA is working with countries all over the world to implement efficiency measures.

### ***Energy intensity***

Energy intensity is the ratio between the gross inland consumption of energy and Gross Domestic Product (GDP) calculated for a calendar year. The Gross Inland Energy Consumption (GIEC) is calculated as the sum of the gross inland consumption of the five sources of energy: solid fuels, oil, gas, nuclear and renewable sources. To monitor trends, GDP is in constant prices to avoid the impact of inflation, base year 2005.

### ***Passive building or house***

“A Passive House is a building, for which thermal comfort (ISO 7730) can be achieved solely by post-heating or post-cooling of the fresh air mass, which is required to achieve sufficient indoor air quality conditions – without the need for additional recirculation of air.”

### ***Green building***

Green building is a holistic concept that starts with the understanding that the built environment can have profound effects, both positive and negative, on the natural environment, as well as the people who inhabit buildings every day. Green building is an effort to amplify the positive and mitigate the negative of these effects throughout the entire life cycle of a building.

While there are many different definitions of green building out there, it is generally accepted as the planning, design, construction, and operations of buildings with several central, foremost considerations: energy use, water use, indoor environmental quality, material selection and the building's effects on its site.

### ***Demand-side management***

The Demand Side Management (DSM) focuses on strategies for modifying the demand of energy from end-users using technological solutions, regulatory or financial incentives, and other means of encouraging behavioural change. By reducing or shifting demand according to a power system's needs, investment in power generation and grid capacity can be deferred or avoided, with its corresponding benefits involving power infrastructure.

### ***Solar noon***

Precise solar time (ST), based on the apparent angular motion of the sun across the sky, when the sun crosses the meridian of the observer.

### ***Ecliptic plane***

Plane of the orbit of the Earth around the Sun.

### ***Power Circuit Breaker (PCB)***

It is a device whose finality is to control that power demanded of the appliances connected to the installation does not rise above the level of contracted power for the supply point.

### ***Peak power***

Peak power alludes to the quantity of kW installed, in the way of photovoltaic panels.

### ***Nominal power***

Nominal power alludes to the inverter power, it is the value that limit the generation of the panels, because it cannot be produced more power than the value the inverter can process.

### ***Enclosure***

Constructive element of the building which separates it from the outside, either air, ground or other buildings.

### ***Thermal bridge***

These effects are considered in the zones of the building thermal enclosure in which variation of uniformity in the construction are evidenced, either by a enclosure thickness change, by changes in the material used..., which necessarily implies a reduction in the thermal resistance with respect the rest of enclosures present in the building.

***Domestic hot water***

Water used, in any type of building, for domestic purposes, principally drinking, food preparation, sanitation and personal hygiene (but not including space heating, swimming pool heating, or use for processes such as commercial food preparation or clothes washing).

***Cogeneration***

It is a high energy-efficient system, in which are obtained simultaneously electric energy and thermal energy from the primary energy. This primary energy is commonly obtained by the combustion of fossil fuels like natural gas or oil.

***Lower Heating Value***

It is the total energy released as heat when a substance undergoes complete combustion with oxygen under standard conditions.

***Electric Power Marketer***

As defined in Article 6.1.f) of the *Ley 24/2013*, December 26<sup>th</sup>, of the Electricity Sector, electric power marketers are those mercantile corporations, or corporate societies of consumers and user that, by accessing to the transport and distribution grids, acquire energy for its later sale to the consumers, to third parties of the system, or to operate with this energy in international exchanges in the terms established in the law.

***Supportive toll rate***

It is the aggregation of two different concepts that must be paid for the self-consumed energy (energy generated by the own consumer and this energy is consumed in the same installation where it is generated). It is compound basically by two charges: associated charges for the electric system costs and charges for other services of the electric system.

## ABSTRACT

The main objective of this thesis is to project new ideas into the refurbishment market in the building industry by applying integrated innovative solutions to energy-related problems in domestic households in order to achieve a net-zero energy building. And, to discover in which way technology may help this evolving process towards an integrated efficient system between consumers and electricity companies.

To get introduced into the field of work, the current state of the art of the sector was evaluated. By analyzing how buildings behaved from the energetic and efficiency points of view, clear results arose concerning the best possible and feasible solutions applicable to this kind of edifications.

The project pretended to be a real and practical case, consequently and after a brief explanation about the software tools used and the technical details of the building of the case study, it was carried out an analysis of the diverse possible solutions involving renewable energy installations, thermal and electrical equipment modification and an innovative idea about purchasing the electricity of the building directly from a company that certified that energy came from renewable energy sources. With that comparison, strengths and weaknesses are rated in order to facilitate a final decision.

The final result showed that a net-zero energy building can be achieved easily and effectively if each case is analyzed and presented the best customized energy-solutions for an individual building with its own physical and geographical characteristics.

Notwithstanding, the economic factor plays a key role in the refurbishment market mechanism, all buildings may hypothetically be able to achieve net-zero energy buildings, but this idea must be excluded because of the constraints imposed by the price of the measures to achieve it.

So, to achieve a more efficient and clean energetic system in the building industry a shift in thinking must be done to balance the economic weight those types of investment imply, in order to promote similar projects.

## 1. INTRODUCTION

We should find a connection between a better integration of renewable energy sources, as well as the energy efficiency and rationed-use of energy in buildings.

On the road to change, many implications must be considered. How far and fast can renewables establish themselves in the many parts of the energy sector? How quickly will cost reductions decrease until the point to renewables became as competitive, as traditional energy sources, in energy markets? Are there limits to the extent to which variable renewables can be integrated into distinct types of grids?

In a decarbonized world, renewables need to become a main player in fields such as industry, buildings and transport, which are the high-intensive consumers in the world of energy, however at the same time, they have been the fields in which regulation changes and technology changes adoption have been slower. Renewables provide energy security, economic and environmental benefits, but they face huge challenges.

***“Any credible path to achieving the world’s climate objectives must have renewable energy at its core. The global transition to a low-carbon future is one of the most fundamental and comprehensive challenges ever faced by the energy sector, with every part of the energy system affected. The necessary effort will last for decades and the picture is evolving everyday” International Energy Outlook 2016***

The other main player in this evolution to a self-sufficient energy market and smart grid is energy efficiency. This element must be at the heart of all strategies to guarantee either a sustainable and safe energy supply as an inclusive economic growth.

It is one of the most cost-effective ways to enhance security of energy supply, to boost businesses’ competitiveness and to reduce the environmental burden of the energy system. In the Paris Climate Change Conference 2015, almost all the contributions and requirements by the countries participating mention energy efficiency as the pillar which will uphold the way to the future energy market in the world.

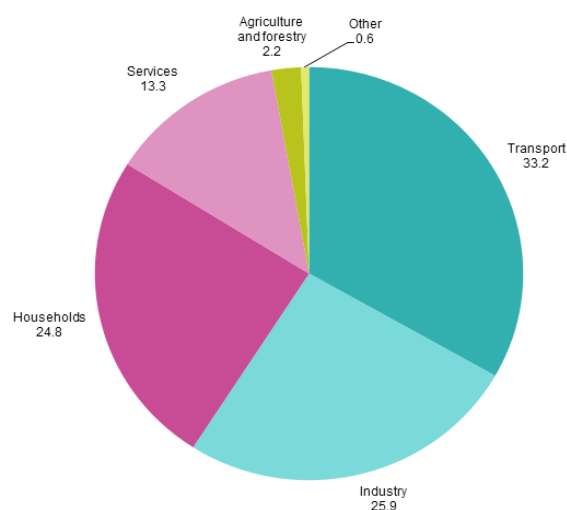


## 2. BACKGROUND AND CASE STUDY ANALYSIS

### 2.1. Energy consumption and environmental impact in construction sector

The incidence of the construction in the global environment is crucial. According to the European Commission, the buildings are responsible for 36 % of the total carbon emissions into the atmosphere. Within this frame of the construction sector, urban construction corresponds to around 60 % of the global raw material extraction and its water consumption represents 12 % of the total consumption in developed regions, although in very localised and high urbanised zones this value reaches up to 60 %.

Even though the construction process of a building is an energy intensive operation, this value is almost negligible if it is compared with the value for the energy consumption along the operative life cycle of the building. Energy consumed in buildings covers around 40 % of the total energy consumption in the European Union (EU). To dig deeper in this issue, a 24,8 % of the total energy consumption is in residential buildings (*Figure 2-1*) while the rest is associated to public buildings and small businesses [1]. Specifically, in this total consumption, the thermal demands such as heating systems, air-conditioning and domestic hot water (DHW) represent approximately 70 % of the total energy demand in the construction sector, followed by the energy consumed for lighting systems.



*Figure 2-1. Energy consumption per sector in the European Union in the year 2014. Source: Eurostat*

The rapid growing of global population in modern history of the Earth mainly have supposed a huge increment in the world energy consumption, especially in developed continents where access to electricity is a basic need to continue with the established life quality level and the economic development, this increase in electricity consumption is clearly seen in *Figure 2-2*, where global energy consumption evolution suffers a linear growth along last decades, and in *Figure 2-3*, where detailed sectoral data and expected evolution from now until 2040 is shown. This exponential growth in population has boosted the expansion and enhancement of the services and comfort in the building sector, and the rise in time population spend inside buildings and “all these factors put together have raised building energy consumption to the same levels of transport and industry” [2].

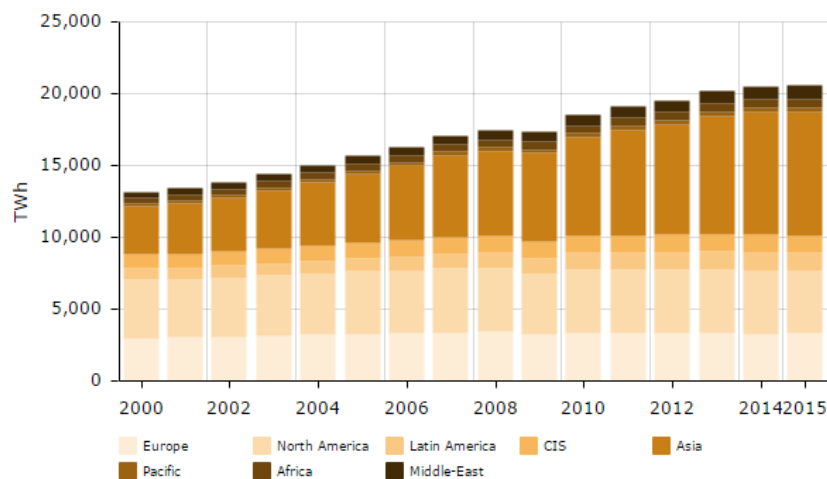


Figure 2-2. Total global energy consumption evolution. Source: Global Energy Statistical Yearbook 2016

### 2.1.1. Consumption patterns in energy consumption of households

The Energy International Agency (EIA), in its International Energy Outlook [3], makes an analysis and a forecast about future trends in building energy consumption (*Figure 2-3*). At the present time, electricity accounts for 30 % of energy consumption in the building sector, but due to strong growth expected by the Scenario studied by the EIA, it will rise to more than 40 % in the year 2040. This growth will take place mainly in countries outside the Organisation for Economic Co-operation and Development, henceforward (OECD), due to the rapid uptake of appliances, cooling systems and other energy-based systems to boost their current growth. This situation is expected in less developed countries, in which economic and population growths are accelerating more than in developed countries, where economies are at a stagnation point.

Energy use in the building, or residential, sector will grow by 80 % in the next 25 years from now, at an average rate of 3,1%. In 2030, consumption corresponding to dwellings and non-domestic buildings will be 67 % and 33 % respectively. [3]

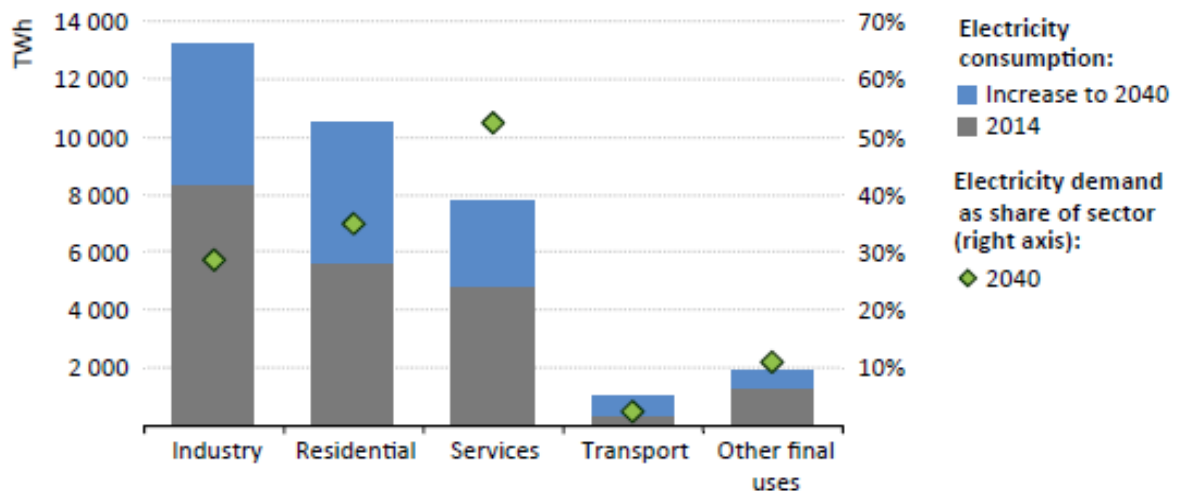


Figure 2-3. Growth in global electricity demand by sector. Source: World Energy Outlook 2016 [3]

### 2.1.2. Residential sector analysis in Spain

Specifying for Spanish scenario, energy consumption of buildings in Spain has suffered a constant rate of increase in the first decade of the 21<sup>st</sup> century of 4,2 % per annum, however this trend suddenly changed in 2010 due to economic crisis and consequently a reduction in the energy consumption, so after 2010 they decreased steeply until 2015, when levels reached the same historical values than in 2007 [4].

In the residential sector in Spain, size, structural characteristics, architectural design and economic level of the occupants, but mainly geographical location are the key factors for energy consumption. The amount and type of energy used in dwellings are mainly related to weather (recent evolutions in electricity demand for countries such as Italy, Greece and Portugal, where climatology is very similar to Spain, seems to confirm the enormous impact of climatology in consumption [5].

By the present time, dwellings in developed countries such as Spain use more energy than those in emerging economies countries, and it is expected to continue growing due to installations of more appliances, however this growth must follow the requirements stated by the EU

Commission regarding the energy efficiency goals established, which explicitly means that with an expected increase in appliances in dwellings in the years to come, this fact necessarily must not imply an increase in electricity consumption due to stronger improvements in technical and policy issues focused on increasing the efficiency of appliances [6].

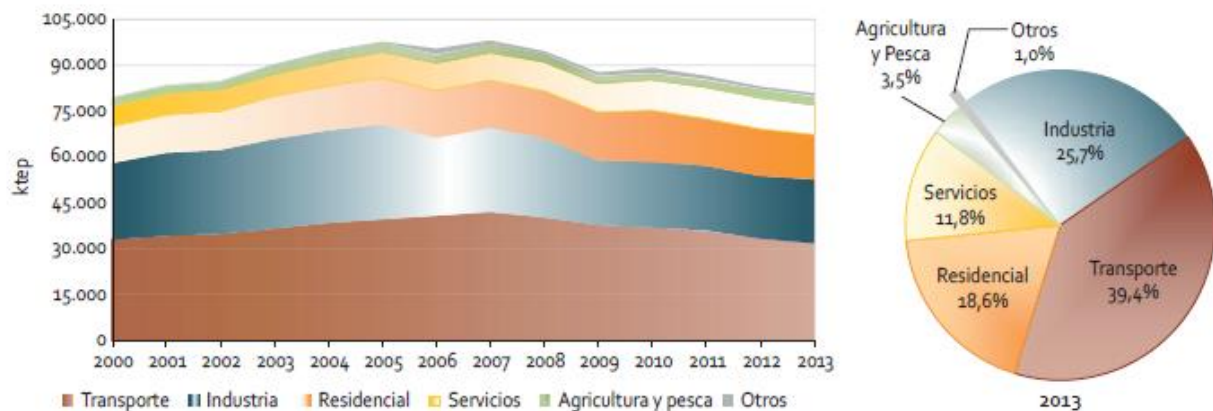


Figure 2-4. Evolution of sectoral demand of energy. Source: MINETUR / IDEA

Talking about specific data, the average consumption of a Spanish household is 10.521 kWh per year (0,038 TJ). As specified in [5], the residential sector demand of electricity has declined a 3,3 % in the period running from 2000-2013 (*Figure 2-4*). The energy intensity in this sector decreased 4,2 % in the year 2013 and kept by these levels until 2016. In this recent evolution, the main cause connected to the drop in the electricity demand in the residential sector is the decrease in the demand related with an increase in prices of energy and connected with technological enhancements in household appliances and thermal installations in buildings.

## 2.2. State of the art of the housing stock in Spain

The analysis of the Spanish housing stock and the segmentation of the same presented hereafter it is made in function of the information crossover of two different criteria: use (residential and no-residential buildings) and property (public or private).

Regarding property, in the residential sector are distinguished: single-family homes (one unique owner) and multi-family residential buildings (principally condominiums); in the no-residential sector, it is distinguished between public ownership buildings and private ownership buildings.

### 2.2.1. Detailed analysis of the housing stock of Spanish residential sector

Diverse factors must be consider in this project to evaluate potential buildings or dwellings to refurbish, to deeply understand the different types of building, which data and specific characteristics may be extrapolated to a whole group of buildings in Spain (by year of construction, type of building, climatic zone of the building...), and these factors can be obtained from the in-depth analysis produced by the *Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda*, in the document *Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España en desarrollo del artículo 4 de la Directiva 2012/27/UE*.

The principal aspects affecting this project are:

- Typological analysis, by age of the building and by the size of dwellings in Spain.
- Energy behaviour analysis. Characteristics of energy behaviour.

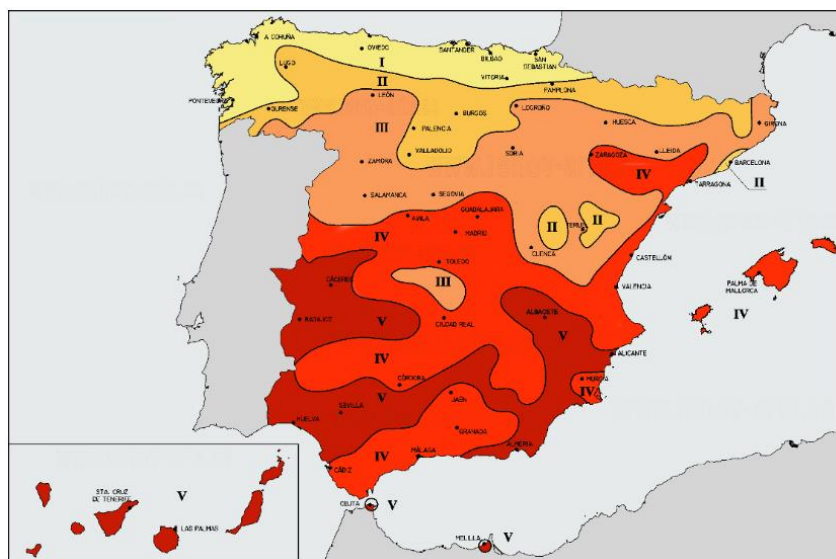


Figure 2-5. Geographical distribution of climatic zones in Spain.

Finally, a segmentation of the residential housing stock is made in clusters, taking into consideration both the different climatic zones present in Spain and the energy consumption. This segmentation will be used and mentioned throughout this whole document for proposing different approaches for refurbishment and to economically evaluate diverse options.

### **1. Typological analysis and by size of buildings**

Of the 18 million of principal dwellings in Spain, almost half of them are included in the range from 61 m<sup>2</sup> to 90 m<sup>2</sup>; 29,6 % (5.354.920 dwellings) are between 76 m<sup>2</sup> and 90 m<sup>2</sup> and 18,6% (3.360.925) are between 61 m<sup>2</sup> and 75 m<sup>2</sup>.

The exploitation of existing database of the *Catastro* at the date of 2013, it allows to differentiate inside the use of the dwelling between the following typologies: multi-family building, 70,4 % of the total housing stock, and inside the single-family dwellings, the paired and isolated ones corresponds to 10 %, and the semi-detached dwellings reach a 19,6 % of the total.

### **2. Energy behaviour analysis**

According to the available information of the *Censo* de 2011, out of the total 17,5 million of existing principal dwellings in Spain, 9.933.123 (56,7 %) count with heating installation (8.079.032 dwellings, a 46,09 %, with individual installation and 1.854.091, a 10,6 %, with communal installation). The detail inside dwellings with communal installations indicates that 113.721 correspond to single-family dwellings built between 1981 and 2007, 831.523 to multi-family buildings built between 1961-1980, 543.255 to multi-family buildings built between 1981-2007, and 92.038 to modern multi-family buildings built after 2008. Of the rest of principal dwellings, 5.198.644 (a 29,7 %) do not present heating installation but have the basic means to heat, and 2.396.751 (a 13,7 %) do not have any heating system.

### 2.3. Different concepts of energy efficient buildings

The fundamental and final idea is to make buildings meet all their energy requirements by using low-cost, locally available, non-polluting and renewable sources [7].

Although there is still an intense debate about the nomenclature applicable to the diverse types of buildings -different countries and authorities use different names and definitions considering diverse factors-, mainly there is small variations in these definitions and in this thesis principally the following definitions are noted because of the possibility of obtaining a final building project with one of these diverse definitions:

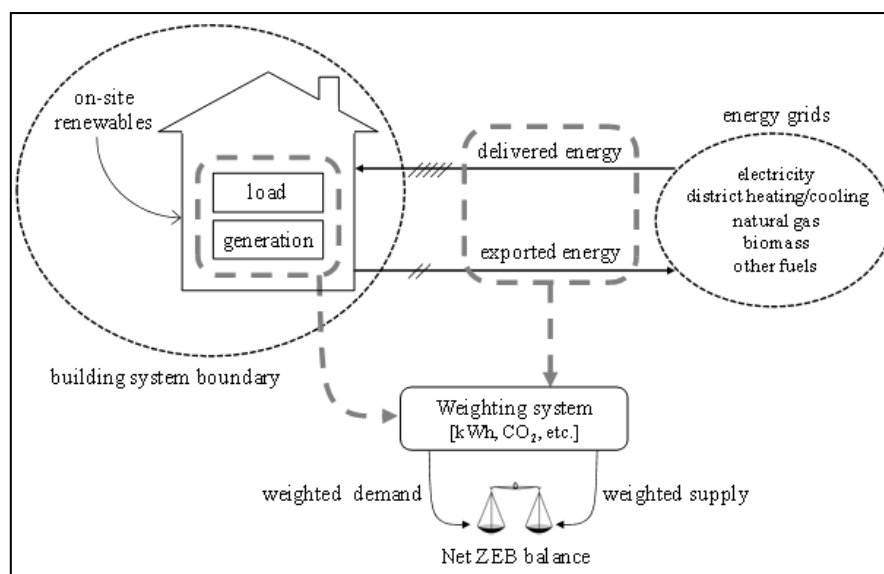


Figure 2-6. Sketch of the connection between buildings and energy grids. Source: Sartori, I; Napolitano, A.; Voss, K.: *Net Zero Energy Buildings: A consistent Definition Framework. Energy and Buildings.*

#### a) Zero-energy building (ZEB)

A zero-energy building can be defined in several ways, depending on the boundary considered. Depending on the project goals and the values pursued by the design team and the owner of the building, different definitions may be suitable. However, the most used definition can be stated as in [7]: “a net zero-energy building (ZEB) is a residential or commercial building with greatly reduced energy needs though efficiency gains such that the balance of energy needs can be supplied with renewable technologies”.

Taking as a reference the definition established right above, four commonly categories are used depending on the intended finality of the players who have a principal role in these projects. For example, owners of the building typically care specifically about the energy costs. Governmental organizations are more concerned with national energy numbers, so their keen interests are in the energy sources. A building designer may be interested in on-site energy and regulations about energy transport and trading with these surplus of energy (demand-side management). Lastly, there are people concerned about pollution created in the process of generating this energy in the power plants by burning of fossil fuels; so, their interest is on reducing emissions in their buildings.

Depending on the finality, four different definitions are presented (a graphical definition may be derived from *(Figure 2-6)*):

- Net Zero Site Energy: It consumes at least the same energy that produces in a year, when accounted for at the site.
- Net Zero Source Energy: It consumes at least the same energy that produces in a year, when accounted for at the source. The energy source is referred to the primary energy used to deliver and generate the energy to the site. To have clear the concept, to calculate the total source energy of a building, both exported and imported energy is multiplied by the corresponding site-to-source conversion multipliers.
- Net Zero Energy Costs: When the amount of money the owner pays to the utility for the energy services and energy used is at least equal to the amount of money the utility pays the building owner for the energy the building exports to the grid.
- Net Zero Energy Emissions: It produces at least as much emissions-free renewable energy as it uses from emissions-producing energy sources.

#### b) Nearly-zero energy building (NZEB)

The topic of nearly zero energy buildings (NZEBs) has received an enormous attention in the past few years, until the objective of the EU was reached, to become part of the energy policies in most countries of the EU. In the recast of the EU Directive on Energy Performance of buildings



[8], it is specified that after 31<sup>st</sup> December 2020, all new buildings must be NZEBs, while for public buildings the deadline is 31<sup>st</sup> December 2018.

In most countries, the definition of NZEBs refers to maximum primary energy as main indicator. Notwithstanding, in some cases (e.g. the Netherlands or Belgium), the primary energy use of the building is compared with a “reference” building with similar physical structure. In other countries, such as the UK and Spain, one of the main indicators is carbon emissions. But on the whole, most countries competent institutions try to establish the limit for this definition in having a primary energy use not higher than 50 kWh/m<sup>2</sup>.

Strictly speaking according to [8] a nearly-zero energy building means a building that has a very high energy performance, as determined in accordance with [9]. The nearly zero or very low amount of energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources, including energy from renewable sources produces on-site or nearby.

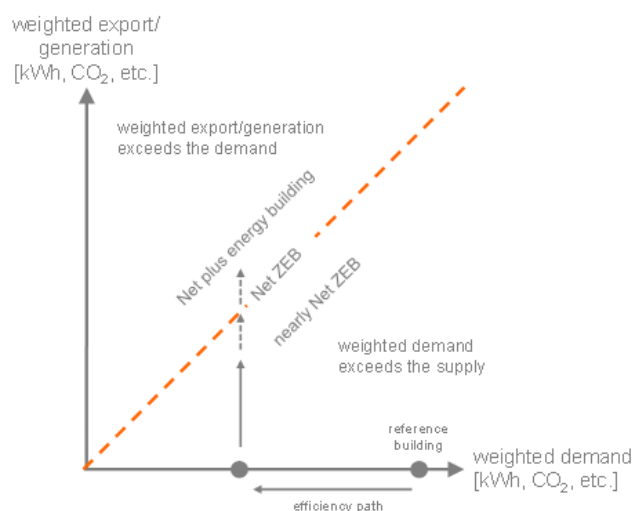


Figure 2-7. Weighted generation / Weighted demand. Source: Sartori, I; Napolitano, A.; Voss, K.: *Net Zero Energy Buildings: A consistent Definition Framework* [10].

### c) Plus-energy building

The basic concept of plus-energy buildings is settled in the possibility of integrating in a building both the benefits of having the energy efficiency level of a passive building and the additional integrated active energy supply systems, which exploit different source of renewable energies, such as solar, wind or photovoltaic.

Taking into consideration the definition, the basic goal of a plus-energy building is to trade with the surplus energy in certain moments of the day, while the rest of the time it consumes energy from the grid such a normal building. For this purpose, national sales tariffs and self-consumption electrical energy regulatory and legal frameworks must be improved in order to facilitate for citizens to implement these systems in their homes.

## 2.4. Roadmap of energy sustainable retrofits

Sustainable construction aims for reaching a balance between the building itself and its immediate environment, minimizing the environmental consequences, with the ultimate objective of guaranteeing the satisfaction of present generations without compromising the needs of the future generations.

In this path to success, data must be provided in order to analyse them and to react over them with the integration and standardization of energy minimum requirements in buildings, so for that a multi and intergovernmental coordination should be established for granting these standards and look towards the future at the same time that providing better solutions to achieve our common goals. For this purpose, initially, was the Energy International Agency created, and in the last report International Energy Outlook 2016, near-future projections for 2040 provides a significant growth in worldwide energy demand in comparison with level of 2012. Global consumption of marketed energy will expand from 549 quadrillion British Thermal Units (Btu) in 2012 to almost 630 quadrillion Btu in 2020 and to more than 800 quadrillion Btu in 2040 (a 48 % increase from 2012 to 2040 (*Table 1* and *Figure 2-8*). Notwithstanding, the report shown in [3] makes the corresponding assumptions assuming known technologies and technological and demographic trends, and does not anticipate new policies that have not been announced.

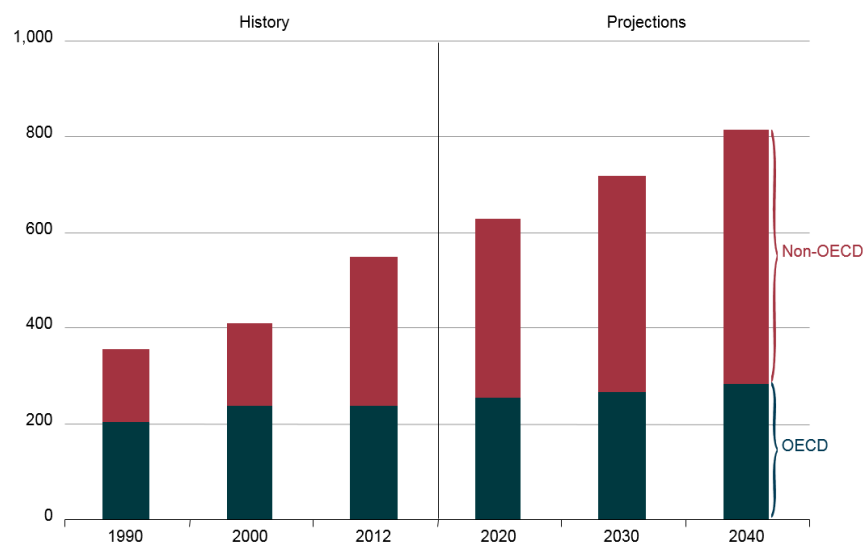


Figure 2-8. World energy consumption [quadrillion Btu], 1990-2040. Source: U.S. Energy Information Administration. International Energy Outlook 2016 [2].

Region	2012	2020	2025	2030	2035	2040	Average annual percent change, 2012-40
OECD	238	254	261	267	274	282	0.6
Americas	118	126	128	131	134	138	0.6
Europe	81	85	87	90	93	96	0.6
Asia	39	43	45	46	47	48	0.8
OECD with U.S. CPP	238	252	258	265	272	280	0.6
OECD Americas with U.S. CPP	118	124	125	128	132	136	0.5
Non-OECD	311	375	413	451	491	533	1.9
Europe and Eurasia	51	52	55	56	58	58	0.5
Asia	176	223	246	270	295	322	2.2
Middle East	32	41	45	51	57	62	2.4
Africa	22	26	30	34	38	44	2.6
Americas	31	33	37	40	43	47	1.5
Total world	549	629	674	718	766	815	1.4
Total world with U.S. CPP	549	627	671	715	763	813	1.4

Table 1. World energy consumption by country grouping, 2012-2040 [quadrillion Btu]. Source: International Energy Statistics Database (as of May 2015).

To firmly establish the roadmap, the European Commission has presented its new strategy on energy, in which the priorities are: energy savings, strong ties between international partners and innovation, to assure a safe supply of energy and to achieving a competitive European energy market. “One of the key issues is to look after the utilisation of the already existing housing stock, incorporating to old buildings some innovative solutions related with new materials and applications of sustainable architecture” [11]. By this way, the concept of sustainability moves forward either in the retrofitting field as in the newly constructed buildings. To reduce the impact in the building sector, it is obligatory for the current housing stock to renew itself in the way the new necessities buildings have and will have more marked in the future for sustainable habitability.

	2020	2030	2050
Número de viviendas reformadas (desde 2012)	2.600.000	6.000.000	10.000.000
Inversión acumulada en viviendas (M€)	65.000	150.000	240.000
Retornos acumulados por ahorros de energía y CO <sub>2</sub> (M€)	8.900	62.000	300.000
Reducción de emisiones CO <sub>2</sub> respecto a viviendas 2001	27%	55%	80%
Puestos de trabajo generados (promedio del período)	130.000	140.000	110.000

Figure 2-9. House retrofits and economy data expectations. Source: Informe GTR 2012: Una visión-país para el sector de la edificación en España (Albert Cuchi & Peter Sweatman) [4].

Actions in existing buildings must be taken because of many reasons:

1. There are huge opportunities in energy efficiency, and most are concentrated in 25 % of the building stock, which is very old and one of the heaviest consumers of electricity in the Spanish electric system.
2. With the global financial crisis of 2008-2009, the green building market began to rise in the consulting of existing buildings and fall in the evaluation of new building projects. This trend has remained solidly consolidated since 2011 and expected to accelerate (*Figure 2-9*).

Another key factor for the establishment of green building as a pillar for the energy market evolution is energy efficiency.

***“Energy efficiency is essential to ensure a safe, reliable, affordable and sustainable energy system for the future. It is an energy resource that every country possesses in abundance and is the quickest and least costly way of addressing energy security, environmental and economic challenges” [37].***

In recent years, energy efficient green building retrofits have grown more than energy efficient new buildings. The situation in Spain, as shown in *Figure 2-9*, and as stated in [4] shows a high number of already carried out retrofits and the corresponding results, in term of economic savings and the labour created in the process, showing the good points sustainable retrofits have, a point to mention is that this situation is mainly due to public buildings retrofits, which are obliged by the European Union to present a very good value for the energy efficiency, so improvements and promotion for private buildings and dwellings is needed in order to improve the society perception of these projects, and with this an improvement in quality will be achieved too.

On the contrary, globally, this tendency has been more pronounced in corporate and commercial properties. In the public buildings retrofit market, mainly municipal, universities, schools and hospitals, the emergence of energy service companies (known as ESCOs) have encouraged building owners to think about economic benefits of this types of retrofits.

### 3. REGULATORY ENVIRONMENT

#### What is the Código Técnico de la Edificación?

The *Código Técnico de la Edificación (CTE)* is the normative framework which states the requirements buildings in Spain must meet concerning the basic prerequisites about safety and habitability established in the *Ley 38/1999* of November 5<sup>th</sup>, of the *Ordenación de la Edificación (LOE)*, as stated in [12].

*“Considering the increasing society demand of quality, the Law establish the basic specifications buildings must satisfy in a way that the guarantee for protecting the users is set not only in the technical requirements of the building but also in the establishment of a casualty insurance or bail bond. These requirements embrace both functionality and safety aspects of the buildings, as well as those concerning habitability”.*

*Ley 38/1999 – LOE*

It applies to new construction buildings, such as interventions in existing building, like expansion works, modification, refurbishment or change of use, always taking into consideration the exceptional nature of certain constructions which are sheltered from an environmental, historical or artistic point of view.

In this manner, the CTE favour the development of research tasks, research, development and innovation (R&D&i), as well as an increase in the use of innovative technologies in the construction sector, achieving a more direct way of integration the advances made due to these activities. Thereby, the focus of services allows the use of technical innovations without losing sight the traditional elements present in the method of construction.

## Regulatory framework

The Ley 38/199 of November 5<sup>th</sup>, of *Ordenación de la Edificación*, on which the *Código Técnico de la Edificación* is based, is the essential pillar for edification process. The Ley 38/199 lays down the basic requirements of buildings, update and complete the legal configuration of the agents who act in the edification process, it lays down their obligations and establish the responsibilities and protection warranties for users.

The CTE is in commission of setting the criteria to comply the buildings but it leaves open the way in which these rules must be complied. This particularity, which is present in the regulations of the major part of the countries of our environment, allows the configuration of a more flexible normative framework.

The CTE is also an instrument for the transposition of European directives. The *Directiva 2002/91/CE* of Energy Efficiency, regulatory instrument that at a European level fixes the guideline in the member states, has been replaced with the *Directiva 2010/31/UE* of European Parliament and of the Council of May 19<sup>th</sup>, 2010 concerning to the energy efficiency in buildings. The new model is much ambitious and it entails the tightening of minimum requirements towards, looking ahead for 2020, nearly-zero energy buildings. The transposition of this directive is made partially via the CTE through the DB HE.

The CTE, as established in the LOE, can be supplemented with exigencies of other regulations from competent administrations, the regional and local normative in each case.

## Structure and content

The *Código Técnico de la Edificación* is divided into two parts as detailed in [13]. In the first part, exigencies concerning safety and habitability when erecting a building are detailed per the *Ley de Ordenación de la Edificación*, and the second part it is composed of the different *Documentos Básicos (DB)*.

This second part consists in the *Documentos Básicos*, which are texts with a technical nature in charge of transfer to put into practice the detailed exigencies of the first part of the CTE. Each of these documents contains limits and quantification of the basic exigencies and a relation of the procedures which allow compliance of the exigencies. Notwithstanding, the designer or construction manager, on their own responsibility, can opt for alternatives always to prove and to document that the building meets the basic exigencies of the CTE because its performance are at least equivalent to the ones obtained with the straight application of specified procedures in the DB.

The *Documentos Básicos* are:

- *DB SE: Seguridad estructural.*
- *DB SI: Seguridad en caso de incendio*
- *DB SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad*
- *DB HE: Ahorro de energía*
- *DB HR: Protección frente al ruido*
- *DB HS: Salubridad*



Figure 3-1. *Documentos Básicos* that constitute the CTE.



### 3.1. DB HE: Ahorro de Energía

This *Documento Básico* aims to establish rules and procedures that allow to accomplish the basic requirements of energy saving. The sections of this DB correspond with the basic requirements HE1 to HE5, and section HE0, connected with multiple of the previous mentioned. The correct application of each section includes compliance of the corresponding basic requirement. The correct application of the DB as a whole implies that the basic requirement *Ahorro de energía* is met.

The objectives of the basic document *Ahorro de energía*, as the basic exigencies are established in the article 15 of the *Parte I* of this CT, are the next ones:

#### **Article 15. Basic energy-saving requirements (HE)**

- 1. The goal of the basic requirement Ahorro de energía consists of achieving a rational use of need energy for the use in buildings, reducing this consumption until sustainable limits. Thereby, obtain a part of this consumption from renewable energy sources, because of its characteristic from the project, construction, utilisation and maintenance.*
- 2. To meet this goal, buildings shall be designed, built up, utilised and kept in such a way that they accomplish all basic requirements established in this Documento Básico DB HE.*
- 3. The Documento Básico DB HE Ahorro de energía specifies objective parameters and procedures whose compliance assures the satisfaction of basic requirements and minimum quality levels.*

Since the nature of this project is about the energetic needs for a building to become a net-zero energy building with a refurbishment, consequently energetic solutions will be needed. Every modification in the elements of the electric, thermal, or water installations in a building must follow the *Código Técnico de la Edificación*. Thereby, because of this specific nature of the refurbishment project, a special emphasis must be allocated to the *Documento Básico DB HE: Ahorro de Energía*, in which it is explained the several aspects considered by the CTE involving new construction building or refurbishment about energy issues, the main ones are:

a) HE0. Limitation of the energy consumption

The section HE0 is related to all the other sections. This section applies in:

- a) New construction buildings and extension of built buildings.
- b) Edifications or parts thereof that, because of their characteristics of use, are open permanently and conditioned.

It is excluded from the scope:

- a) Provisional constructions with a schedule time for use less than 2 years.
- b) Industrial, defence and agrarian buildings, or parts thereof.
- c) Isolated buildings with a total useful area less than 50 m<sup>2</sup>.

b) HE1. Limitation of the energy demand

Buildings shall have an envelope with specific characteristics which limits appropriately the energetic demand necessary to meet the thermal comfort in function with the locality weather, the use of the building and the summer or winter regimes, as well as the insulation and thermal inertia characteristics, air permeability and solar radiation exposure, reducing the risk of damp appearance. Also, it will deal with the thermal bridges to limit heat losses or gains.

c) HE2. Performance of thermic installations

Buildings shall have appropriate thermal installations dedicated to provide the thermal comfort of its dwellers. This exigence is currently being conducted by the standing *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios* (RITE), approved by the [14], and its application will be defined in the building project.

d) HE3. Energy efficiency of the lighting installations

Buildings shall have appropriate lighting systems for the necessities of its dwellers and at the same time these systems must be energy efficient, and come with a control system and an adjustment system to optimize the use of natural light, in regions where specified conditions allow them.

e) HE4. Minimum solar contribution of domestic hot water

In buildings, with forethought of domestic hot water, in which the CTE states, a part of the thermal energetic necessities derived from that demand will be covered with the inclusion in the buildings of systems for the collection, storage and use systems of low temperature solar energy,

adapting it to the global solar radiation of its location and to the domestic hot water demand of the building.

f) HE5. Minimum photovoltaic contribution of electric energy

Buildings stated in this CTE will integrate systems for collection and transformation from solar energy into electric energy by photovoltaic procedures for self-consumption or supply to the grid. The values derived from this basic requirement will be considered as the minimum, without prejudice of tighter values that may be established by the competent administrations and which contribute to the sustainability of the building.

## 4. DESCRIPTION OF THE ORIGINAL PROJECT

### 4.1. Objectives and justification of the project

With this project, it is intended to conduct and apply the concepts of energy efficiency and sustainability in the construction sector by doing the retrofitting of the energy supply and insulation systems, as well as other solutions to offer the maximum possible energy supply coming from renewable energies for a building in *Los Villares, Jaén* towards the achievement of a net-zero energy building. To do so, it will be essential to reduce energy demand of the building and at the same time to reduce the CO<sub>2</sub> emissions related directly with that demand.

This project stem from the willingness to build up a systematic process in the retrofitting market, inside the building sector, and to try to develop the general expertise about these types of interventions and what we are looking for with them.

Furthermore, when my idea was expressed to the architect and promoter of this building, both parts came into an agreement: if the task of the analysis and study of feasible energy-reduction solutions were satisfactory, the application to the building could become a reality, so I was partially entrusted this responsibility. So, it is a challenge for me to be able to apply my theoretical knowledge learnt throughout my time in university into a possible and real use.

More precisely, with this project the final intention is to obtain a net-zero energy building, and to benefit the promoter of this multi-family building with 8 dwellings in it, because of the future economic advantages they will have after the retrofitting process.

The building under study is already entirely built, so the project will be focused on the addition or modification of the different renewable energy sources (RES) available and suitable, and different energy efficiency tools for trying to achieve a net-zero energy building.

#### 4.1.1. Social and economic factors

This project presents a forward-looking perspective with respect to the selected location because of many reasons, such as the demographic development of this city (migration from cities to villages), since it is a town near the capital of the region, *Jaén*, and due to changes in the society and the employment structures in the region, it has received in the last years a noticeable increase in the number of inhabitants, from 5083 in the year 2001 to the current number of 6431 [15],

accompanied by an improvement in the quality of life in comparison with quality of life levels in cities. Those people argue that life's level in comparison with the city is much better, however they must work in *Jaén*, so *Los Villares* is a dormitory town.

Another major reason is the economy in this city, which is experiencing a great time. *Los Villares* is located in a region, which is the first producer of olive oil of the world, and in this village the economy is based in the agriculture. Despite the remarkable dependence on agriculture, this fact has not stopped the improvement of the town economy levels, and currently is experiencing a steeply increase again after the economic crisis.

#### 4.1.2. Typological reasons

This building is a multi-storey residential building, and as analysed and stated in point 2.2.1.a), this type of buildings is the most common in the housing stock in Spain, so they present a greater probability to be retrofitted.

And inside the residential building sector, and concerning the economic point of view of the project, there exist a real market opportunity for these types of buildings, where they must be adapted to new legislation in which energy efficiency and RES installations are mandatory for all the existing housing stock.

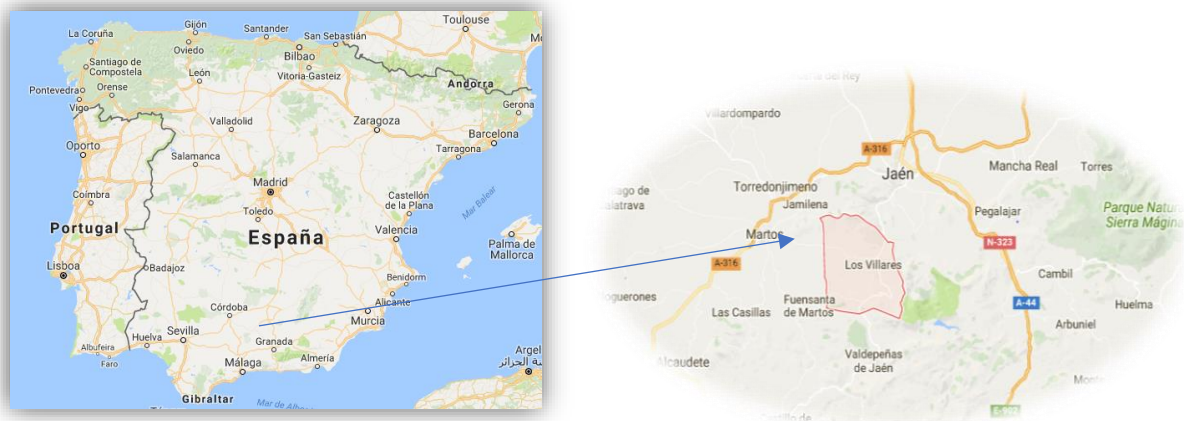
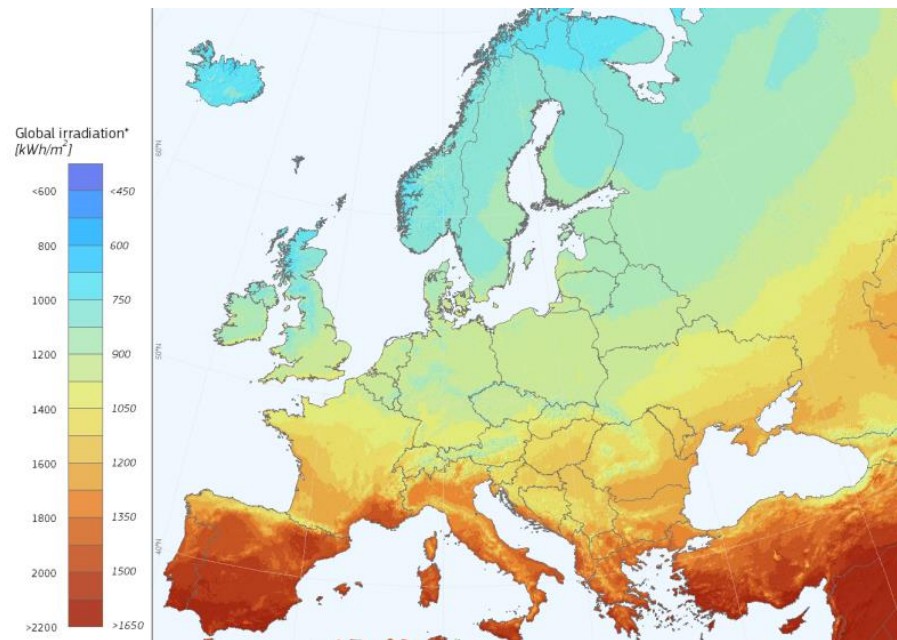


Figure 4-1. Geographical location of Los Villares in the metropolitan area of Jaén.

#### 4.1.3. Geographical location

Furthermore, not the only but one of the most determining reason for the choice of this building in *Los Villares* is the geographical location. The town is in Andalucía, in the south part of Spain, where the number of hours of sun is one of the biggest of Spain according to [15] with

an average value in all the provinces of 3110 hours in a year and as seen in *Figure 4-2*, one of the places with highest global irradiation in all continental Europe.



*Figure 4-2. Global irradiation in Europe.*

In this context, the incredibly high chances of exploiting the potential of the Sun, which is the main source of energy and so of the main RES, in the selected location, made this option the most attractive one.

## 4.2. Building specifications

The parcel of land where the building is located is classified as building-land and it counts with access to all urban services needed for the good habitability of the same. It is located in *Calle Escribano Antonio de Villareal*, number 23, in the city of *Los Villares (Jaén)*, CP 23160. And the design architect of the project is Ramón Cuenca Montes, No. Col. 330 of the *Colegio Oficial de Arquitectos de Jaén*.

As stated in ANNEX V, the land presents a trapezoidal shape with an area of 390,53 m<sup>2</sup>. The building front façade is 13,30 m high and the back façade is 21,80 m -due to the unevenness of the ground-. The specific geometry of the building is reflected in the planes annexed.

The land counts with a unique borderline with the public space. And the building is between party walls, with 3 floors above ground plus a rooftop. In this project, the building under study is referred to a ground floor intended for dwellings and the access to garage entrance. The rest of the floors are intended to dwellings in which are present a dining room, kitchen, two or three rooms, and one or two bathrooms. The characteristic use of the building corresponding to the diverse types considered in the CTE is a multi-family building.

### 4.2.1. Compliance of the CTE

The basic requirements of the CTE, in which are established the functions and basic services and exigencies the building must accomplish, are under the legal specifications of the *Ley de Ordenación de la Edificación* [16], and mainly they state the requirements with respect to functionality, security and habitability.

Every single habitability requirement under obligation by law in this project follow the RITE and the respective county legislation. Within the habitability requirements, the aspect to analyse in this project, the point about energy savings and thermal insulation is presented and these accomplishments are exposed in the memory of the original project made by the architect, shown in ANNEX V.

## 5. ANALYSIS AND DATA OF THE ORIGINAL BUILDING

### 5.1. Geographical orientation

The reference land, with a trapezoidal shape, is located between other two buildings, and with its only façade oriented to the South-Southwest. The weather and localization characteristics present in the town of *Los Villares* show that the best possible orientation of the building to obtain the maximum level of Sun light and radiation is to face the South, so the building under study presents favourable conditions in this aspect.

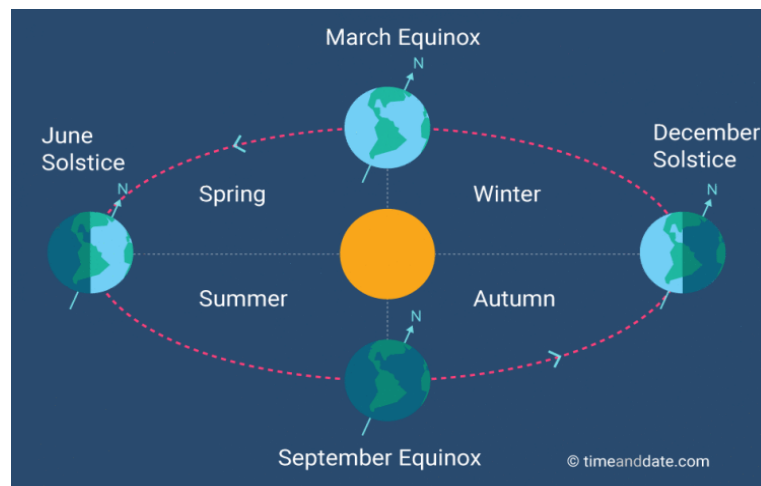


Figure 5-1. Earth axial tilt. Source: NASA SpacePlace

The reason for the phenomenon of the maximum obtention of solar radiation facing the South is because the Earth's axis of rotation is tilted  $23.45^\circ$  to the ecliptic plane as explained in *Figure 5-1*. The final consequence of this tilt of the axis is the change in the position of the Sun in the sky throughout the year. The solar declination angle ( $\delta$ ) is the angle between the Sun-to-Earth line and the Earth equatorial plane.  $\delta$  swings from  $-23.45^\circ$  (on winter solstice) to  $+23.45^\circ$  (on summer solstice);  $\delta$  is 0 on equinoxes (spring and autumn).

Daily, the Sun follows an apparent arch motion across the sky, from East to West, passing always by the exact geographical South in the selected position at the solar noon. This arch reaches its minimum dimension on winter solstice (21<sup>st</sup> December), that day the Sun rises from Southeast but near the South and it sets in the Southwest, but near the South too. As the astronomical year goes on, this arch gets a greater angular amplitude, and day by day the Sun rises in nearer point to



the exact geographical East and it sets near the exact West, reaching the East-West “path” on the spring equinox (on the Northern Hemisphere).



*Figure 5-2. Situation of the building*

The above-mentioned declination angle  $\delta$  in the Northern Hemisphere is the “producer” of the preference of the buildings to face the South in order to get the maximum benefit from the Sun incoming radiation. So, with this project the possibility of obtaining the maximum benefit from this energy source is presented.

## 5.2. Electrical installation and estimated electricity consumption

### Electricity installations

The electric installations present in the building are the typical ones for a building destined for dwellings, due to this and as established in the *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión de España (REBT)*, these installations (group e) should be subject to a technical project for a power with a load protection greater than 100 kW. [17]

### Supply company

The electric energy will be taken from the distribution grid that the company Endesa possess in the urban area of *Los Villares*. The energy distribution once inside the building will be done with a TT diagram; in other words, the neutral of the power supply installation is grounded. Then, masses of the installations are grounded connected with the connection of the building installation and not to the same ground connection of the power supply installation.

### Installation description

The electrical installation is compound of diverse elements and according to the *Guía Vademecum for Instalaciones de Enlace en Baja Tensión*, [18] these elements and devices are distributed by the following diagram:

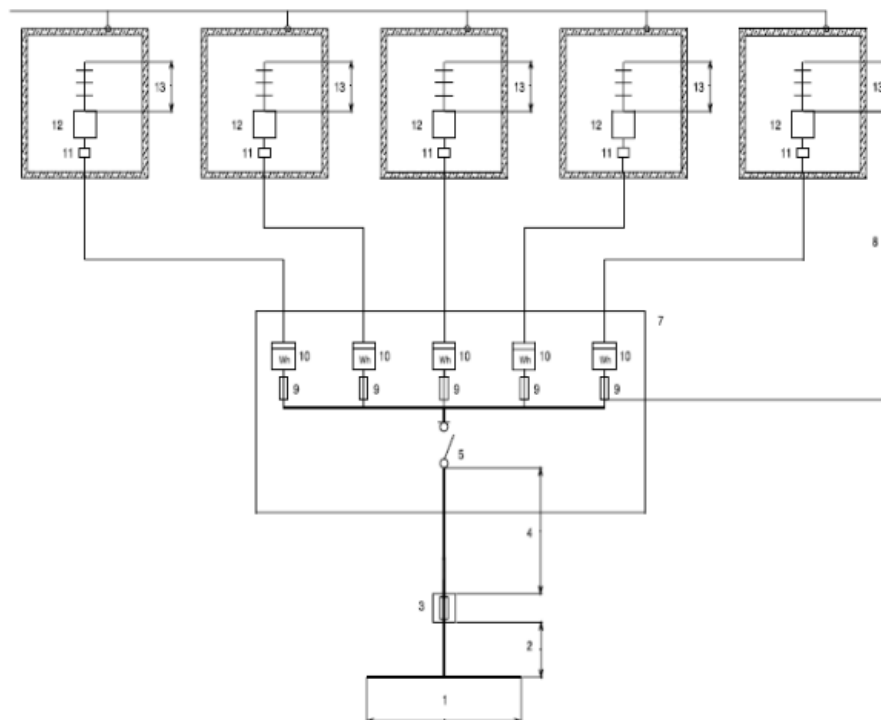


Figure 5-3. Elements distribution in low voltage linked installations. Source: *Guía Vademecum for Instalaciones de Enlace en Baja Tensión*

### Legend

1	Distribution grid	8	Individual branch circuit
2	Connection to grid	9	Safety fuse
3	General electric protection box	10	Meter
4	General power supply line	11	Box for PCB
5	Common Power Circuit Breaker (PCB)	12	General control and safety devices
7	Meter's location	13	Interior installation

In addition to all these components shown in *Figure 5-3*, the installation is subdivided in different electrical enclosures which provide power to the different building's sectors (these different electrical installations are shown in the annexed *CONSTRUCTION PLANS* by doing so a ramified and independent installation is achieved with its corresponding benefits when power cuts or breakdowns occur, affecting the less space possible of the edification.

#### 5.2.1. Estimated electricity consumption

Because there is no real data from power consumption in the building under study and the impossibility to obtain from the owners, an estimation based on [19] has been carried out for the corresponding climatic area. For the Mediterranean Climatology region of Spain, the average consumption of energy, either electricity, gas, oil products or renewable energies is 8959 kWh per year and per dwelling, which is a 15 % less than the national average value. The climatology, which presents considerable levels of relative humidity and warm temperatures in winter and very high temperatures in summer, influences in the structure of energy consumptions.

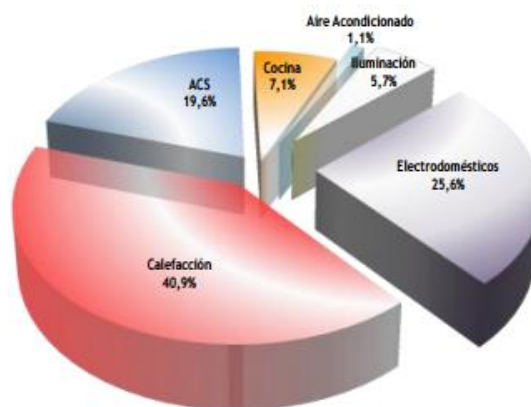


Figure 5-4. Consumption structure by energy use in the Mediterranean zone.

Source: Proyecto SECH-SPAHOUSEC [19].

In the energy supply at a demand-side point of view, it is dominant the electricity use against the natural gas and other oil products. The renewable energy mix in this area makes a greater contribution than in the other climatological zones of Spain, inside this renewable energy supply the principal source is the solar thermal energy installations.

	FUENTES ENERGÉTICAS													ELECTRICIDAD
	CARBÓN	PRODUCTOS PETROLÍFEROS				GAS	ENERGÍAS RENOVABLES							
	Antracita	GLP	Gasóleo (t)	Otros	TOTAL	Gas Natural	Solar Térmica	Geotérmica	Biomasa					
									Carbón Vegetal	Leñas y Ramas	Pellets	Otra Biomasa Sólida	TOTAL	
USOS FINALES	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	MWh
CALEFACCION	--	7.738	19.692	--	27.430	27.915	169	66	--	49.889	87	104	50.080	2.029.250
AGUA CALIENTE SANITARIA	--	12.639	1.626	--	14.265	24.801	4.076	51	--	41	38	100	180	2.963.806
COCINA	--	4.769			4.769	6.934			11	121	--	--	132	2.162.719
REFRIGERACIÓN								64						851.423
ILUMINACIÓN														4.346.304
ELECTRODOMESTICOS														19.586.156
Frigoríficos														6.129.044
Congeladores														1.238.348
Lavadoras														2.312.986
Lavavajillas														1.142.375
Secadoras														831.140
Horno														1.446.087
TV														2.337.280
Ordenadores														1.524.887
Stand-by														2.102.879
Otro Equipamiento <sup>(9)</sup>														521.130
CONSUMO TOTAL MEDITERRÁNEO	--	25.146	21.318	--	46.464	59.651	4.245	182	11	50.051	125	205	50.392	31.939.658

Figure 5-5. Disaggregated consumptions in the Mediterranean climate zone.

Source: Proyecto SECH-SPAHOUSEC [19]

Once the main energy intensive services, in dwellings in the same climatic zone as the building of the project, have been detected as seen in *Table 2*; they are, in decreasing order:

- Heating systems, mainly powered by electrical portable devices.
- Household appliances, the principal consumers are fridges and washing machines.
- Air conditioning systems.

Consumers	Consumption [%]	Consumption [kWh]
Heating system	40,9	3664,23
Household appliances	25,6	2293,5
Domestic hot water	19,6	1755,96
Kitchen	7,1	636,09
Lighting systems	5,7	510,66
Refrigeration system	1,1	98,55
Electricity consumers	80,4	7203,04
Natural gas consumers	19,6	1755,96
<b>TOTAL CONSUMPTION</b>	<b>100</b>	<b>8959</b>

Table 2. Disaggregation of total energy consumption in the building

It is remarkable the high electricity energy dependence of the dwellings in this climatic zone. This situation leads to have a poor energy mix and a lot of dependence on the grid and conventional energy systems. The energy mix of the building under study is 80,4 % dependent on the electricity supply and 19,6 % on natural gas (*Table 2*).

### 5.2.2. Required power

To identify the best option for the tariff to contract, firstly it is needed to estimate the required power the building needs to satisfy its internal maximum consumption, a study must be carried out in which the real power consumed by each electrical device is observed for the whole building as a unique entity. Hereafter, the detailed powers are estimated, specifying if they take part in the lighting systems, power plugs or for machinery:

Garage space			
Space	Receptors	Units	Power [W]
9 parking places	Luminaire 1x8	5	40
	Fluorescent 2x58	5	580
	Power plugs	7	3500
	Garage door drive	1	1000
Engine room	Luminaire 1x8	3	24
	Fluorescent 1x58	1	58
	Power plugs	3	750
	Pumping group (cold water)	1	2500
	Pumping group (hot water for sanitary use)	1	1500
	Control panel	1	750
Storage rooms	Luminaire 1x8	9	72
	Luminaire 2x18	8	288
	Fluorescente 1x58	2	116
	Power plugs	8	2000
Cabinets + Stairs + Elevator	Luminaire 1x8	6	48
	Luminaire 1x26	1	26
	Fluorescent 2x18	1	36
	Incandescent light	1	40
	Power plugs	1	250
Subtotal power per floor			13578

Ground floor			
Space	Receptors	Units	Power[W]
Hall + Stairs + Elevator + Cabinets	Luminaire 1x8	6	48
	Luminaire 1x18	9	162
	Luminaire 1x26	1	26
	Fluorescent 1x58	1	58
	Fluorescent 2x18	1	36
	Incandescent Light	1	40
	Power plugs	2	500
Dwelling A	Luminaire 2x18	6	216
	Luminaire 2x13	5	130
	Power plugs	20	2000
	Oven/Accumulator	1	1800
	Washer machine and dishwasher	1	3000
	Air conditioning	1	1300
Dwelling B	Luminaire 2x18	6	216
	Luminaire 2x13	5	130
	Power plugs	20	2000
	Oven/Accumulator	1	1800
	Washer machine and dishwasher	1	3000
	Air conditioning	1	1300
Subtotal power per floor			17762

Type floor (1st and 2nd floors)			
Space	Receptors	Units	Power [W]
Stairs + Elevator + Landing	Luminaire 1x8	2	16
	Luminaire 2x18	8	144
	Luminaire 1x26	1	26
	Fluorescent 2x18	1	36
	Incandescent Light	1	40
Dwelling C	Luminaire 2x18	4	144
	Luminaire 2x13	5	130
	Power plugs	17	2000
	Oven/Accumulator	1	1800
	Washer machine and dishwasher	1	3000
	Heating/Air conditioning	1	1300
Dwelling D	Luminaire 2x18	4	144
	Luminaire 2x13	5	130
	Power plugs	17	2000
	Oven/Accumulator	1	1800
	Washer machine and dishwasher	1	3000
	Heating/Air conditioning	1	1300
Dwelling E	Luminaire 2x18	4	144
	Luminaire 2x13	5	130
	Power plugs	17	2000
	Oven/Accumulator	1	1800
	Washer machine and dishwasher	1	3000
	Heating/Air conditioning	1	1300
Subtotal power per floor			25384

Cover floor			
Space	Receptors	Units	Power [W]
	Luminaire 2x18	4	72
	Power plugs	2	500
	Elevator motor	1	4500
Subtotal power per floor			5072

Power per dwelling		
A and B type dwellings	8446 W	8,446 kW
C, D and E type dwellings	8374 W	8,374 kW

General services' power	19782 W	19,782 kW
-------------------------	---------	-----------

MAXIMUM CALCULATED POWER	87180 W	87,18 kW
--------------------------	---------	----------

The value of the admissible maximum power of the installation has been determined under *Decreto 363/2004, del 24 de Agosto*. It is calculated a variable consumption, due to the single-family dwellings characteristics, in which the number of people may vary. In this way, the consumption will vary in terms of the occupation level of the dwellings and from one time of the day to another, because the variation in consumption levels, peak in the early morning and in the evening, and valley hours during the mid-hours of the day, as seen in *Figure 5-6*.

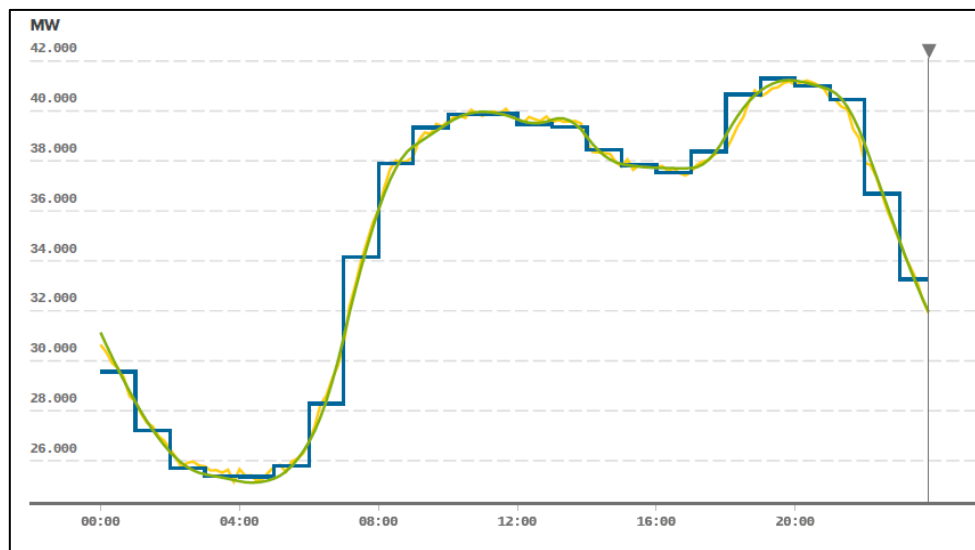


Figure 5-6. Typical demand curve along a day. Source: Red Eléctrica de España.

The load with higher consumptions are machinery, including in this term motors and pumping groups; although it must be considered the appliances in dwellings, mainly oven, washing machine and dishwasher, but with an intermittent pattern of use along a day.

Talking about the simultaneity factor, it cannot be assured not operation simultaneity in time, because it is quite likely the use at the same time of these machineries and domestic appliances. This is the reason why in the process of determining the power to contract, it is going to be opted for a simultaneity factor of 85% of the maximum calculated power, for dwellings and general services, thinking in every moment in the building's necessities and in offering a non-interruptible electricity supply.

Therefore, under the *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión* [17], with the existence of a building with 8 dwellings, a simultaneity coefficient of 7 must be applied, so the final value of power to contract by the building as a unique entity would be:



$$0,85 * [\text{Garage power} + \text{Common areas power} + (7 * \text{Dwellings mean power}) + \text{Cover floor power}]$$
$$0,85 * [13578 + 1394 + (7 * 8405) + 5072] = 67047,15 \text{ W}$$

<b>Power to contract = 67,05 kW</b>
-------------------------------------

### 5.2.3. Electricity tariff

Looking at the consumption patterns established in the dwellings and of the different common elements of the building, as well as the possibilities of electricity tariffs existing on the market, more specifically, with the company Endesa, the best option for contracted power for each dwelling is 6,90 kW. So, for the building as a unique entity this value should be around 70 kW

Now, specifications about consumption patterns and levels have been stated, is easier to strike the vulnerabilities present in the building and to have a clearer idea about what thermal/electric systems have preference in the retrofitting intervention to decrease the energy consumption and so to achieve the goal of a net zero energy building.

## 6. ORIGINAL BUILDING ENERGY CERTIFICATION

In this section, as stated by law in [12] it is going to be used the software CE3X to obtain the energy performance certificate of the original building. The final goal of this obtention of the certificate is to estimate the energy consumption per square meter ( $\text{m}^2$ ) of the building and to see what structural, thermal and material deficiencies arise in the existing building.

### 6.1. CE3X

The CE3X is a software tool recognised and promoted by the Spanish Ministry “*Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital*” and by the “*Ministerio de Fomento*”, which allows obtaining the energy performance certificate of existing buildings, which will be implemented in all the national territory and will be considered an obligation.

The procedure to obtain this certificate consists in the obtention of the energy efficiency label of the building under study, which is included in the certificate generated automatically by the software tool and it indicates the qualification assigned to the building on a scale of seven letters, from A (the most efficient building) to G (the least efficient building). It also incorporates a set of measures to improve the energy efficiency of the building, the new qualification given by the software tool to the set of improvement measures, and the possibility to perform an economic analysis of the impact of these set of measures based on the estimated energy savings by the tool or on the energy consumption bills.

It is necessary, for the data entry in the software process, before it, to carry out an exhaust procedure of in-situ data collection and the right dimensioning of the variety of structural and material parts of the building.

All through the process of data entry in CE3X, I will specify which processes I have followed in order to obtain certain values which are not trivial to determine.

## 6.2. Climatic zones

The climatic zones corresponding to the location of the building under study, and which is needed for the estimation of the energy certificate, are stated at the documents HE 1 and HE 4 of the CTE.

- For the climatic zone corresponding to HE 1 specifications, in *Figure 2-5* the limits of homogeneous climatic regions are marked.
- For HE 4 specifications, the *Table 3* shows the country zones with similar annual average global solar radiation on a horizontal surface (H).

Climate zone	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H \leq 15,1$	$3,8 \leq H \leq 4,2$
III	$15,1 \leq H \leq 16,6$	$4,2 \leq H \leq 4,6$
IV	$16,6 \leq H \leq 18,0$	$4,6 \leq H \leq 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Table 3. Global solar radiation.

*Los Villares* belongs area which corresponds a IV for the HE 1 specifications, and the value obtained from analytical data of the historical global solar radiation on a horizontal surface on the weather station of *Jaén* (*¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*) is 4,889 kWh/m<sup>2</sup>, so seen as the HE 4 document specifications, *Los Villares* belongs also to the climatic zone IV.



Figure 6-1. Mean daily global solar radiation on a horizontal surface along the year [kWh/m<sup>2</sup>]. Historical data. Source: Agencia Andaluza de la Energía [21].

### 6.3. Hot water sanitary use diary demand

To determine the demand, the values from *Table 4* will be considered.

Criteria of demand	Domestic hot water liters per day at 60 °C
Unifamiliar dwellings	30 per person
Multi-family dwellings	22 per person
Hospitals	55 per bed
Hotels	60 per bed
Campings	40 per site
Hostals	35 per bed
Schools	3 per scholar
Gyms	20 to 25 per user
Restaurants	5 to 10 per meal

(1) The liters of domestic hot water (DHW) per day at 60 °C of the table have been determined from table 1 (Mean daily unitary consumption) of the standard UNE 94002:2005 "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda energética".

For the calculations the equation (6.1) has been used with values for  $T_i=12$  °C (constant) and  $T=45$  °C.

*Table 4. Reference demand at 60 °C. Source: Sección HE4. Contribución solar mínima de agua caliente [13].*

$$D_i(T) = D_i(60\text{ °C}) * \left( \frac{60-T_i}{T-T_i} \right) \quad (6.1)$$

; where:

$D(T)$	Annual DHW demand, at a temperature $T$ .
$D_i(T)$	Monthly DHW demand, at a temperature $T$ .
$D_i(60\text{°C})$	Monthly DHW demand, at a temperature of 60 °C.
$T$	Temperature of the reservoir.
$T_i$	Mean chilled water temperature for the month.

With these data, the value for hot water sanitary use demand of the whole building, considering that the average number of people per dwelling is 4 as the DB-HE 4 obligate for as all the dwellings have 3 bedrooms and that here it has been working with a multi-family building, is of  $704 \frac{l}{day}$ .

## 6.4. Thermal enclosure

The definition of the enclosures of the building is a key condition in the result of the energy efficiency certificate of a building.

In this tab of the program, essential processes are to distinguish between habitable and non-habitable spaces inside the building in order to calculate heat gains and losses of each single one and to have very precise measurements of the architectural elements present in the edification for the further numerical, geometrical and material type diagnose that the program computes, to do so the certifier has access in CE3X to the data input panels of the different elements that compound the thermal enclosure of the building, which are: covers, walls, floors, internal partitions in contact with non-habitable spaces, openings/skylights and thermal bridges.

Figure 6-2. Thermal enclosure definition with CE3X software. Source: CE3X

For this purpose of measurements of the building, all required data in the software have been extracted from the building plans, shared by the architect of the project Ramón Cuenca Montes, and which are annexed in ANNEX V.

A detailed definition of the thermal enclosure requires introducing the type and thickness of each layer that make up each enclosure, based on the original project of the architect, to identify such materials and after that, selecting in the catalogue of constructive elements supplied by the CE3X.

**Cerramientos**  
 BD cerramientos  
 FACHADA FRONTAL  
 Panel rígido de poliestireno extru...  
 Cerramientos del Proyecto  
 CUBIERTA EDIFICIO  
 FACHADA FRONTAL

### Librería de cerramientos

Nombre: FACHADA FRONTAL

*Características del cerramiento*

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m2 K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m3)	Cp (J/kgK)
Mortero de cemento ...	Morteros	0.015	0.02	1.3	1900	1000
Tabicón de LH triple [...]	Fábricas de ladrillo	0.234	0.1	0.427	920	1000
Poliuretano [PU]	Plásticos	0.16	0.04	0.25	1200	1800
Cámara de aire sin ve...	Cámaras de aire	0.17	-	-	-	-
Tabicón de LH doble ...	Fábricas de ladrillo	0.162	0.07	0.432	930	1000
Mortero de yeso	Morteros	0.025	0.02	0.8	1500	1000

$R1+...+Rn$   
0.77 m2K/W

*Características del material*

Grupo de materiales:  Añadir

Material:  Modificar

Espesor:  m  λ  W/mK Borrar

ρ  kg/m3  Calor específico  J/kgK Limpiar campos

Figure 6-3. Software tab from CE3X to define Enclosure Characteristics of the building. Source: CE3X software.

As seen, the thermal transmittance in the constructive enclosure of a building is the measure of the heat flowing per unit of time and surface, transferred through a constructive system made of different materials, with parallel faces, when there is a thermal gradient of 1 °C (1 K) of temperature between both faces. This transmittance depends directly on the type of material and the difference in temperature existing in between both faces of the materials

The coefficients of thermal transmittance limit are stated in the CTE and depend on the geographical area, and the formula is represented by the inverse of the thermal resistance of each one of the faces that compound the enclosure, the biggest the thermal resistance is, the lowest the transmittance.

$$U = \frac{1}{R_t} \left[ \frac{W}{m^2 * K} \right]$$

This formula will be used for calculations either for façades and cover. (The maximum U-values per geographical area are found in the Appendix E of the *DB-HE Ahorro de energía*.

The  $R_t$  is the sum of the thermal resistance of each one of the material layers plus the thermal resistances of the internal and external air.

$$R_t = R_{si} + R_{t1} + R_{t2} + \dots + R_{t(n)} + R_{se}$$

; where  $R_{si}$  and  $R_{se}$  are obtained from Table E.1 of Appendix E of the DB-HE, which values for vertical enclosures take the values 0,13 and 0,04  $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$ , respectively. [20]

And the thermal resistance of each material is calculated by:

$$R_t = \frac{e}{\lambda}$$

;  $e$  = layer thickness [m]

$\lambda$  = thermal conductivity of material (provided by manufacturer)

At the end, either the estimated and the known values for the thermal transmittances of the diverse elements that compounds the thermal enclosure are shown in *Table 5*.

Frontal façade	1,07 W/m <sup>2</sup> K
Back façade	1,07 W/m <sup>2</sup> K
Cover	1,84 W/m <sup>2</sup> K
Balconies	0,5 W/m <sup>2</sup> K
Windows	U glass = 5,7 W/m <sup>2</sup> K G glass = 0,82 U frame = 5,7 W/m <sup>2</sup> K
Internal partitions	0,95 W/m <sup>2</sup> K
Walls with ground	0,97 W/m <sup>2</sup> K
Flooring with ground	0,73 W/m <sup>2</sup> K

*Table 5. Thermal transmittances of the architectural elements.*

## 6.5. Pattern of shadows

The pattern of shadows of obstacles allows to determine the influence of the cast shadow over the building under study depending on the position, size and orientation of those obstacles that overshadow the building, the clearest example are the adjacent buildings and buildings in front of the project building.

The properties defining the obstacles are the next ones:

- Azimuth ( $\alpha$ ): is the angle of the sun's rays measured in the horizontal plane from due south (true south) for the Northern Hemisphere [21].
- Solar altitude angle ( $\beta$ ): it defines the height of the shadow produced by the obstacle on the building under study.

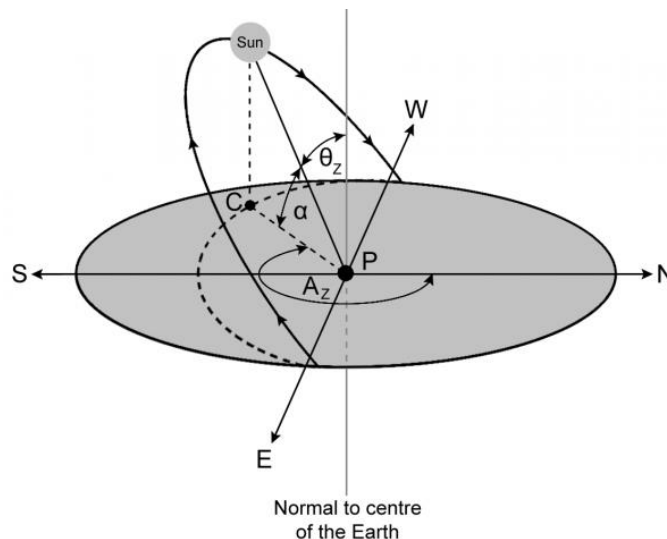


Figure 6-4. Azimuth, zenith and altitude angles of Sun.

In the pattern of shadows tab in CE3X, all the obstacles affecting the cast shadows over the building will be added; they are defined by introducing the different azimuth and elevation angles produced in the midway point in height of the building to analyse on different situations of the Sun along the year.

The result obtained is the pattern of shadows shown in *Figure 6-5*, and the shadows casted by near buildings affecting the frontal façade are illustrated.



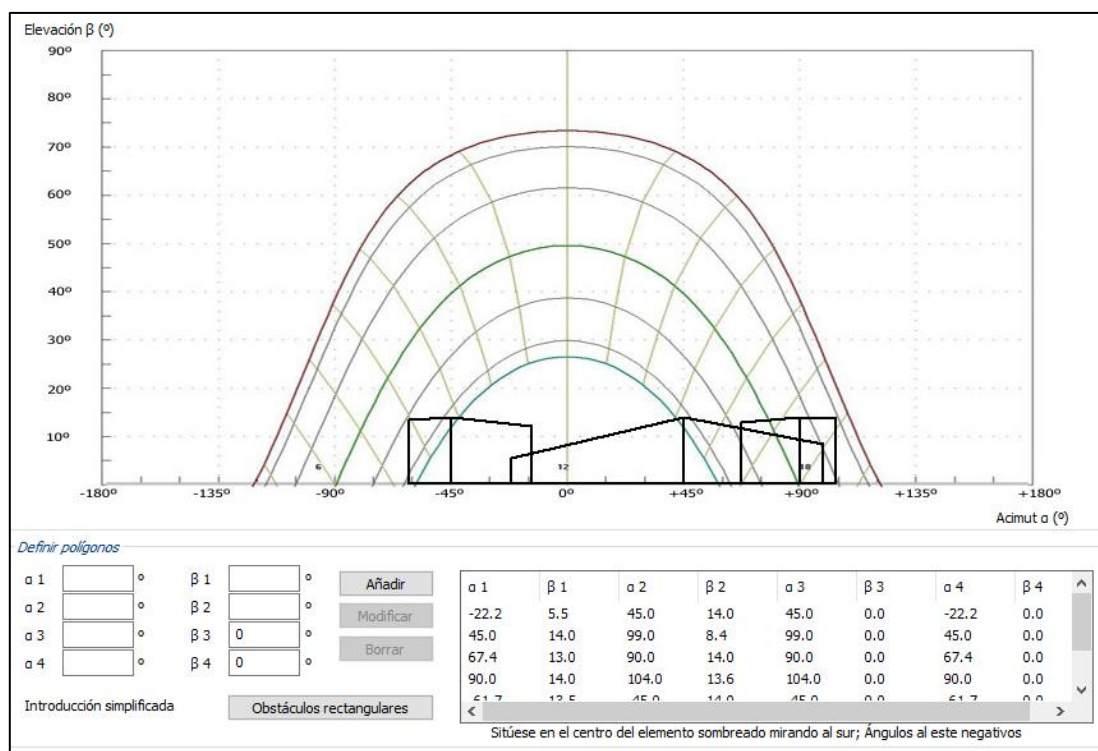


Figure 6-5. Pattern of shadows of the front façade. Source: CE3X.

## 6.6. Building Installations

In the tab Building Installations, mentioned in the software as “*Instalaciones del edificio*” a classification of the different thermal installations (Domestic hot water, heating and cooling systems) is done in function of the technical specifications of each generating unit. It is completely indispensable to determine the seasonal coefficient of performance (SCOP) in each defined system, however in my case, it was not possible to determine directly this value from the physical building, but real common values for this coefficient have been introduced in order to show a coherent and extrapolated result. Technical specifications about the installations either of heating and cooling in the building are shown in *ANNEX II*.

For the data input for energy contributions (Tab “*Contribuciones energéticas*”), as framed in the “*Documento Básico HE-4, Punto 2.1 Contribución solar mínima*” [22], every single building constructed after 2006 must include a minimum solar contribution, referring to the how water for sanitary use demand using solar water heater panels.

In the building of study, in the moment of the construction, a solar thermal system was implemented, which contribute with that minimum solar contribution stated in [22]. Its value is

obtained by taking as reference *Table 6* and the appropriate climatic zone, and the result according to the regulation organism, for this climatic zone IV is 60 %.

Total demand of hot water for sanitary use in the building [l/day]	Climate zone				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

*Table 6. Minimum solar contribution in % with general case. Source: [22]*

## 6.7. Energy certification of the building

The energy efficiency in a building is determined calculating or measuring the needed energy consumption to satisfy annually the demand of that building under normal operating and occupancy conditions, and it is expressed either in a qualitative or quantitative way by different indicators or letters in a definite scale, from A to G, that correspond to the levels of efficiency.

The software estimates the energy certification corresponding to the pre-introduced data about physical and consumption specifications. In that rating, the output of the program shows some values that are used to determine the final letter in the scale of efficiency:

- Rating scale; it shows the scale of rating letter together with the range of values of kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> of each letter. These values are computed taking as variables aspects such as climatic zone and final use of the building)
- Rating of the building; value of average kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> obtained by the analyzed building together with its respective letter of the rating scale.

- Building data; data appear in the right part of the image shown in *Figure 6-6* and some data will appear:
  - Heating and cooling demands (kWh/m<sup>2</sup>); here heating needs along the year are indicated, for normal operating and occupancy conditions. This value will depend mainly in the characteristics of the building thermal enclosure, climatic zone where it is located and final use of the building).
  - Heating and cooling emissions (kg CO<sub>2</sub>/ m<sup>2</sup>); it indicates the emissions of the building due to the heating and cooling demands and the efficiency of the current installations that satisfy that demand, along the year. This value will depend on the energy consumption associated with heating and cooling demands and to the physical properties of the diverse installations and thermal enclosures.

#### **Conditioning emissions**

The reference emissions in heating and cooling systems, are obtained from the next equations:

$$E_{heating,ref}[kgCO_2] = D_{heating,ref} * \frac{1}{\eta_{heating,ref}} * c_{CO_2} \left[ \frac{kgCO_2}{kWh} \right]$$

$$E_{cooling,ref}[kgCO_2] = D_{cooling,ref} * \frac{1}{\eta_{cooling,ref}} * c_{CO_2} \left[ \frac{kgCO_2}{kWh} \right]$$

; where:

- $D_{heating,ref}$  and  $D_{cooling,ref}$  are the heating and cooling demands.
- $\eta_{heating,ref}$  and  $\eta_{cooling,ref}$  are the seasonal performance factors of the heating and cooling systems.
- $c_{CO_2} \left[ \frac{kgCO_2}{kWh} \right]$  is the transference coefficient to primary energy.

For the calculations, a mean seasonal performance factor has been supposed with a value of 1,7 for heating system and 0,7 for cooling system. As primary energies are considered the electricity for the cooling system and diesel for heating system.

- Domestic hot water (DHW) emissions (kg CO<sub>2</sub>/ m<sup>2</sup>); it indicates the emissions of the building due to the demand of DHW and to the efficiency of the installations that provide service to that demand, along the year. This value will depend on the energy consumption associated to the DHW demand and to the characteristics of the installations that provide that service.

#### DHW system emissions

The reference emissions for DHW system are obtained with the next equation:

$$E_{HWSU,ref}[kgCO_2] = D_{HWSU} * \frac{1}{\eta_{HWSU,ref}} * c_{CO_2} \left[ \frac{kgCO_2}{kWh} \right]$$

The DHW demand  $kW * h$ ) is obtained from the building defined by the user and it is assumed that the reference building would have the same demand.

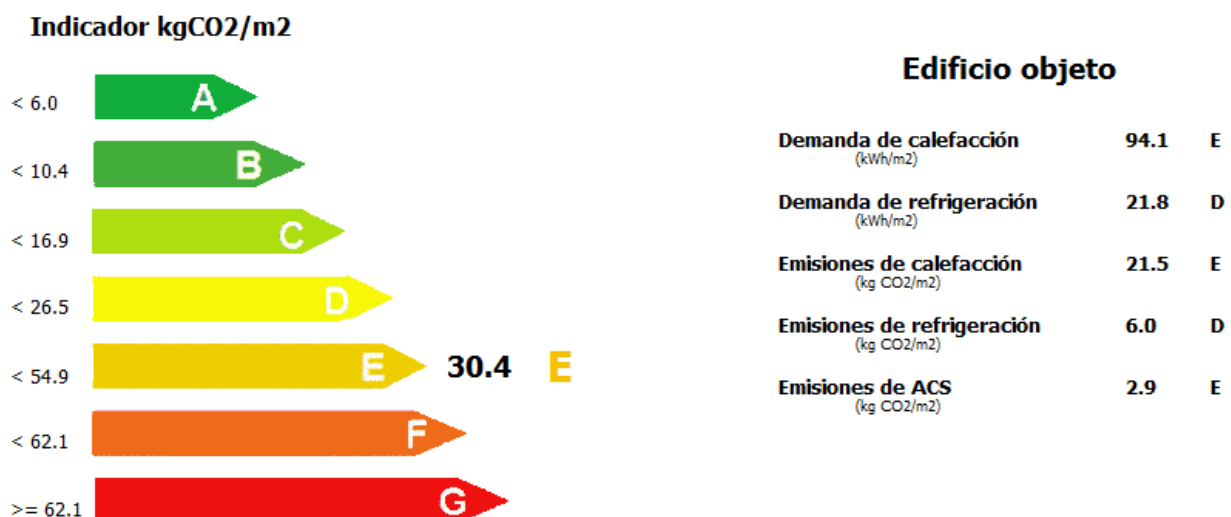


Figure 6-6. Energy certification of the existing building. Source: CE3X

After all this process to obtain the energy certification of the building of the project, the result displayed in CE3X is shown in *Figure 6-6*, the rating granted for the building in numerical terms is 30,4 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, which corresponds to a letter E in the scale.

The value of the scale obtained, despite it is a bad result if efficiency is analysed, in the context of the edification standards in the last decades in Spain -where the boom in construction did not

involve an improvement in the efficiency measurements and in the insulation exigencies in those buildings-, the letter E corresponds to the average value of energy certificates in this country [23].

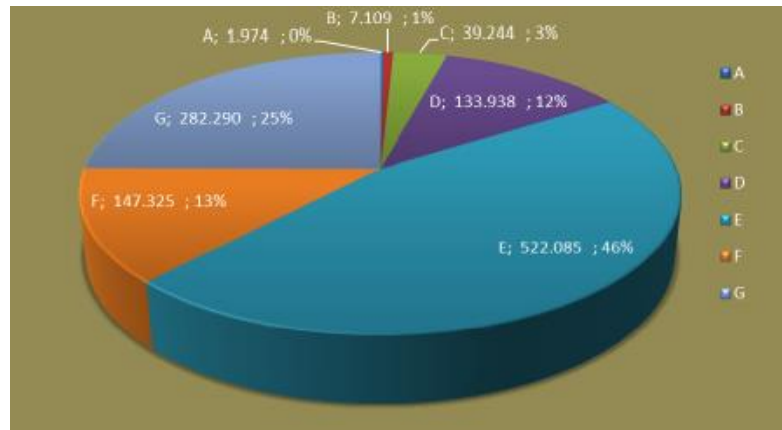


Figure 6-7. Energy certification of existing buildings per emissions. Source: [23]

These data show a vital information about the type of existing buildings currently in Spain, which present generally in the energy certification a letter E (46 %) and G (25 %).

Focusing on the individual results of the software, it appears some remarkable and negative data for the finality of obtaining a good energy certification are the values associated to heating demand ( $94,1 \text{ kWh/m}^2$ ) and associated  $\text{CO}_2$  emissions of the heating system ( $21,5 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$ ). It is obviously that the heating system, which includes the heating system and the thermal enclosures of the building, differs a lot from the normal values according to an efficient heating and insulation system and it may be caused by different reasons:

1. Heat pump: the heating supply installations of the building are in deteriorated conditions because of the use and poor maintenance of the same. Adding to this fact, the fuel used in this heat pump, which is diesel, producing a bad result in associated  $\text{CO}_2$  emissions of the heating system.
2. Thermal insulation: According to the limits stated in Appendix D.2.12 Zona climática C4 of the DB-HE1, current values of thermal transmittances for frontal and back façades and for walls and flooring with ground are over the limit proposed by this document, as shown in Table 7.

The overall value of the cover transmittance in the current building is quite over the limit, and the main reason for this behaviour is the elements materials of the components of the cover.

<b>D.2.12 CLIMATE ZONE C4</b>	
Limit transmittance for façade walls and enclosures in contact with the ground	
	$U_{Mlim} : 0,73 \frac{W}{m^2 * K}$
Limit transmittance for floors	
	$U_{Slim} : 0,50 \frac{W}{m^2 * K}$
Limit transmittance for covers	
	$U_{Clim} : 0,41 \frac{W}{m^2 * K}$
Modified solar factor for limit of skylights	
	$F_{Lim} : 0,27$

Table 7. Specified parameter for transmittance of thermal enclosure elements. Source: DB-HE1.

With mediocre quality isolations materials or not appropriated materials for the geographical region of the case study, it leads to low thermal resistances and high thermal transmittances, so it produces a negative effect on the results computed by CE3X due to the high losses of heat by these components of the structure, independently on the performance of heating systems.

## 7. RETROFITTING INTERVENTION - METHODOLOGY AND ASSOCIATED WORK PLAN

Once the building has been defined in the software, for the completion of the energy certification, some improvement measures must be introduced into the system. By doing the retrofitting project, it allows us to modify or to change specifically those energy generation or energy-savings systems that fit in a more adequate way with building characteristics and needs, as well as to implement in the structure of the building in order to minimize the effects into the aesthetics.

### 7.1. Biomass heat generator installation

Once the thermal resistances and all the thermal enclosure of the building has been analysed and estimated, the obvious solution would be to modify or to install other thermal insulation materials at façades or walls. Notwithstanding, in the CE3X software it has been analysed various possibilities in the hypothetical building intervention and modification of the systems of the building, and it was remarkable the huge improvement in the energy certification of the building obtained by modifying the heat generation unit, which originally was fed with diesel, and replacing it with a biomass fuel generator.

To create a base line for the study of the viability or not of the biomass heat generator it is required to mention the current situation of the energy production profile in Spain:

- According to Spain's energy profile, which highly relies on imports to meet the national energy needs, it is proved the high dependence on external energy sources, despite the improvements and advances on national production with the RES in the last decades.
- To remark, the massive potential of this type of technology in Spain, since it owns the material already.

Studies corroborate this potential that could make biomass energy one of the main sources in a near future referring to CO<sub>2</sub> emissions, as stated in [24], “A remarkable decline of up to 95% in CO<sub>2</sub> emissions may be achieved with the use of biomass, as compared to fossil fuels, with the

economic savings being as much as 88%. It is concluded that the use of biomass can significantly improve the energy rating.”

#### 7.1.1. Boiler model

The choice of the biomass boiler must be done considering diverse factors, the main ones are:

- **Thermal load:** according to results shown in *ANNEX II*, the heating demand of the building as a unique entity is of 94,1 kWh/m<sup>2</sup>.
- **Biofuel type:** different materials can be used as biomass fuels; the main biofuels are based on wood and on products derived from agricultural waste. The main ones are olive pit, pine chip and wood pellet in the agricultural branch of biofuels.
  - It was taken into account the price of these three biofuels [25], as well as the thermal and physical properties, as presented in *Table 8*.

Fuel	LHV	Price
Olive pit	4,49 kWh/kg	0,0899 €/kg
Pine chip	4,19 kWh/kg	0,0869 €/kg
Wood pellet	5,01 kWh/kg	0,1264 €/kg

*Table 8. Biofuels characteristics.*

However, the geographic abundance factor of the biofuels must be an essential player in the decision-making process. The location of the building of the study is in *Los Villares*, a village in *Jaén*, the leading producer region of olive oil in Spain [26].

The final decision is to opt for an olive pit based boiler, more specifically, for model Domusa Bioclass HM43. This decision is based on the geographic proximity between generation and consumption of the olive pit, but also taking into consideration physical and chemical properties such as the Lower Heating Value and on price.



### **Domusa Bioclass HM43 installation**

The model chosen to be installed in the building is the Domusa Bioclass HM43, a designed biomass boiler which presents an excellent level of modularity and flexibility in the adaptation to any system because of its four different power levels: 10 kW, 16 kW, 25 kW and 43 kW. So, the optimum option to satisfy the thermal demand of the building is to install 2 boilers of 43 kW each one, making a total thermal power of 86 kW, which will cover the typical heating demand of the building, with a maximum typical value of 94,1 kWh/m<sup>2</sup>.

Characteristics	Bioclass HM 43
Nominal power [kW]	42,7
Efficiency at nominal rate [%]	94
Partial load power [kW]	11,4
Electrical power [W]	485
Minimum return temperature [°C]	25
Fuel at 100% [kg]	9
Weight [kg]	385

*Table 9. Technical data of the Domusa Bioclass HM43. Source: Domusa Teknik.*

Other reasons to have chosen this model of boiler is, as stated in the manufacturer data sheet, the fuel consumption reduction is highly noticeable because of the reduction of combustion gases temperature. And additionally, the electronic modulation of the boiler adjusts the power automatically depending on the building necessities, avoiding fuel wastages. Which provide to this boiler with an exceptional performance coefficient and fittable for this project.

## 7.2. Photovoltaic installation

Based on the consumption patterns of the building, which are based on electricity consumption for the high-consumption devices (refrigeration system in dwellings and mechanical motors for elevator and for garage door in communal areas, without forgetting the electricity consumption of common appliances), it would be highly recommended to install a photovoltaic (PV) installation due to the energy and economic benefits this source will provide.

Also, the decision about PV installations has to be with its versatility in terms of power level achieved and modularity/flexibility. It can be installed on the roof of most homes that can support the equipment and can be easily connected to a building's electricity supply. And in terms of power supplied, because a single solar PV panel can only produce a limited amount of power, solar PV arrays may be install depending on the local conditions, for example adapting the arrays to the shape of a roof or to avoid shadows.

In the building under study, the setting up of a PV installation is a remarkable solution to the problem of electricity consumption and the emissions associated to this process. This PV system must be complemented with a storage unit to accumulate energy surplus in certain instants of day to make use of this energy in the peak hours of consumption.

### 7.2.1. Principles of PV solar energy

The solar energy is the energy obtained by the capture of light and heat emitted by the Sun. The solar radiation power that reaches the Earth varies depending on the time of the day, weather conditions that decreased its value and also depends on latitude of the selected location. It can be assumed, in favourable weather conditions, that the irradiation value is approximately  $1000 \text{ W/m}^2$  on the Earth's surface [27], and this value is called irradiance.

Solar radiation is exploitable in its beam and diffuse components, or the addition of both. Beam radiation is the solar radiation received from the Sun without having been scattered by the atmosphere (beam radiation = direct solar radiation) without any reflection or refraction. While the diffuse radiation is the one received from the Sun after its direction has been changed by scattering by the atmosphere and its diverse components (diffuse radiation = sky radiation).

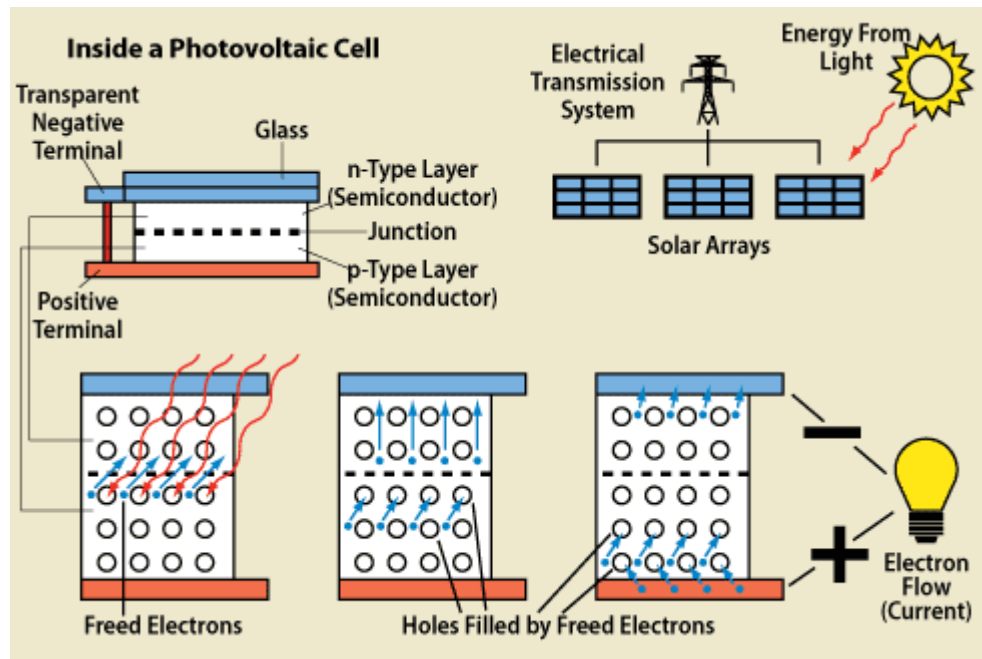


Figure 7-1. Photovoltaic effect. Source: U.S. Department of Energy.

### 7.2.2. The photovoltaic effect

The photovoltaic effect is the base of the process by which a PV cell convert solar light into electricity. The solar light is composed by photons, which are energetic particles.

These photons present different energy ranges, corresponding each of them to one different wavelength in the solar spectrum. When photons collide with a PV cell, they can be reflected or absorbed, but only the absorbed ones are used to generate electricity. When this moment occurs, the photon is absorbed and after that the energy of the photon is transferred to an electron of one atom of the cell, as graphically described in *Figure 7-1*. With this new energy, the electron is excited until the level which it can escape from its associated fixed position in the atom to become part in the electron's flux that produced an electrical current.

The most important parts of the cell are the semiconductor layers, in these regions electron current is created. These semiconductors are specially treated to make two different doped layers (type p and type n), creating an electric field, positive in one of the layer and negative in the other one. When incident solar light strikes the cell, electrons are released and which can be trapped by the electric field, creating an electric current. That is the reason why these cells are made up of

these type of semiconductor materials, which act as insulators at low temperatures and with high conductivity when incident energy increases, so the temperature increases too.

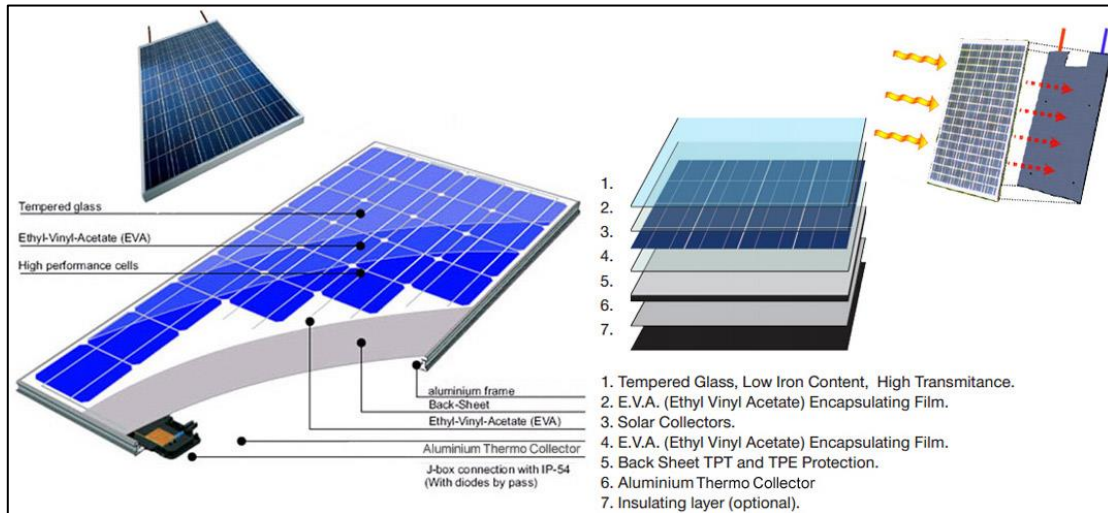


Figure 7-2. PV panel components. Source: SmartClima.

### 7.2.3. Solar cell

Apart from semiconductor materials, solar cells consist of an upper metallic mesh or another type of device to collect electrons from the semiconductor and to transfer them to the external load, and a back-contact surface to close the electric circuit. Also in the upper part of the cell there is a tempered glass, normally with low iron content and high transmittance, to sail and protect the cell against weather conditions.

A key factor in solar cells is the conversion performance, in other words, the proportion of solar light that the cell convert in electric energy, is essential in the PV devices in terms of economic profitability and to make a more competitive energy source against other sources.

These cells connected between them, encapsulated and mounted on a support structure conform a PV module or PV panel. The modules are designed to supply electricity with a predetermined voltage (normally 12 or 24 V). The produced associated current depends on the insulation level of the module. The support structure protects the cells against climatological adversities and make the panels reliable and robust.

Despite a module can be sufficient for satisfying the energetic needs of certain applications, two or more modules can be connected to form a PV generator. PV generators produce direct

current (DC) and can be connected in series or in parallel with the aim of producing any possible combination of voltage and current. To achieve a more complex and more power installation, it is necessary a complete PV system, which consists of at least one PV generator with other components, generally called Balance Of System (BOS). BOS refers to the components and equipment that move DC energy produce by panels through the conversion system which in turn produces AC electricity. Most often, BOS refers to all components of a PV system other than the modules. In addition to inverters and racking, this includes the wires, switches, fuses, enclosures, ground fault detectors... And it applies to any type of solar application, residential, commercial, agricultural, solar parks and public facilities).

#### 7.2.4. Terminology

Since the boom of this technology, solar PVs have been classically divided into three categories:

##### **First generation solar cells**

These cells are based on silicon, which is one of the most abundant materials in Earth with a suitable band gap of 1.1. eV to harness solar energy. The silicon's purity determines the efficiency and performance of the cell.

Eventually, higher conversion efficiency for standard size modules (average  $\eta > 16-18\%$ ) and extremely good performance stability (more than 25 years) are two essential requirements for any technology to successfully demonstrate its potential for market [28]. This is a mature technology with well-developed mass production in GW-scale. There are mainly three different types of silicon PV modules used, single-crystal, polycrystalline and silicon film deposited on low-cost substrates.

##### **Second generation solar cells**

The second-generation solar cells are mainly thought for reducing the material consumption and to explore new materials to obtain better ranges of efficiency. This generation is based on TF materials such as CU (In, Ga) Se<sub>2</sub>, CdTe, CIS and amorphous silicon (a-Si).

The low-cost electricity generation can be achieved through cheaper materials and less material usage in the assembling process, here it enters the game the TF solar cells, they emerged due to their lower production costs and minimal material consumption, which makes these cells attractive to industry.

### **Third generation solar cells**

The third-generation solar cells were designed for reducing the manufacturing cost and using environmental friendly materials for the process of solar energy obtention. This generation is based on dye sensitized solar cell (DSSC), organic solar cells, and nanostructured solar cells (only applied to low-cost manufacturing involving in the solar cell making process).

Inside this category, the DSSCs are the extensively studied PV technology in the last decades with a large number of industries interested in developing it and academic research involved to improve efficiency range. This efficiency has reached until a 13 % value using rather inexpensive and abundant materials [29], foreseen with a further develop of these materials a real evolution in affordable and high-efficient PV technologies.

#### **7.2.5. Design possibilities**

The preference in the installations of the PV system is in the cover of the building, which presents favourable conditions for the installation; it has a total surface of 130 m<sup>2</sup> and according to Point 2.2. of the memory of the project of the original building *ANNEX V* the cover will hold a structural load until 400 kg/m<sup>2</sup>. So, it accomplishes all the requirements for the installation of the physical PV system.

#### **7.2.6. Determining power of installation**

In the case of a PV installation in any building, is essential the correct dimensioning of number of panels to install in order to: achieve desirable power values, minimize the cut-off periods due to unplanned data in the retrofitting project and to define installation and material costs.



*Figure 7-3. PV installation on a flat roof.*

## **1. Estimated consumption calculation**

As said before and stated in [19], the annual energy consumption is 8959 kWh per year and per dwelling, for the Mediterranean climatology region. In the disaggregation of this value for the total consumption, it must be said that an 80% corresponds to electricity consumption and the rest includes thermal consumption in the dwelling. Calculating the average value for a day, the daily electricity consumption of each dwelling would account for:

$$Dwelling\ Daily\ Consumption = 19,363 \left[ \frac{kWh}{day} \right]$$

Adding to this value the consumption of general services and common spaces, the daily consumption of the building is:

$$8 * Dwelling\ Daily\ Consumption = 154,904 \left[ \frac{kWh}{day} \right]$$

$$Building\ Daily\ Electricity\ Consumption\ (BDC) = 190,09 \left[ \frac{kWh}{day} \right]$$

## **2. Calculation of the number of panels**

The number of panels will be limited to the surface available for the installation of this PV system, which is 125 m<sup>2</sup>, however this operational surface will be reduce to 100 m<sup>2</sup> to not to oversize the installation and to take into consideration the shadows pattern of the rest of the panels. The calculations to determine the number of panels are made as a function of the most unfavourable radiation conditions. To do this, panels of 285 W have been chosen, specifically the model SHARP NU-RD285 (*ANNEX III*)

The SHARP NU-RD285 is a panel made by 60 monocrystalline silicon cells and with an efficiency value of 17,3 % with a low iron tempered glass in the front glass and black anodized aluminium alloy in the frame structure, apart from the fact that it does not present any losses by the potential effect induced degradation. This panel belongs to the first-generation of PV panels, and shows a satisfactory performance stability (more than 25 year). These two specifications are essential for this panel to demonstrate its high potential in the market of PV systems.



$$\text{Number of panels} = \frac{\text{Available surface}}{\text{Panel area}} = \frac{100 \text{ [m}^2\text{]}}{1,66 * 0,99 \text{ [m}^2\text{]}} = 60,849 = 61 \text{ panels}$$

With the SHARP NU-RD285 panels of 285 watts of peak ( $W_p$ ), the photovoltaic installation will have 17385  $W_p$  in total.

$$\text{Total peak power} = 61 * 285 = 17385 \text{ } W_p$$

To control the voltage level, and taking into consideration that SHARP NU-RD285 panels work at a voltage level of 31,3 V, the output voltage of the PV systems can be modulated by associating in series groups of two panels and then associate these groups in parallel with the rest of the system. The operating voltage will depend on the accumulators' system to choose.

### 3. Annual yield

As previously seen in *Figure 6-1* and additionally using the software application PVsyst, estimation about incident solar radiation can be found for the location of the building.

With the PVsyst software the next values are obtained:

Latitude: 37,6833 North

Longitude: 3,8167 West

Nominal power of the PV installation: 16 kW

Annual Yield of the PV installation: 26,6 MWh/year

Tilt angle of the PV panels: It was found that the annual optimum tilt angle is almost shifted by  $10^\circ$  with respect to the latitude of the location ( $\Phi - 10^\circ$ ) [30]. However, if the tilt angle is  $27^\circ$ , the nominal power of the panels in winter will suffer an important decrease, so to supply the building, which presents higher consumption in winter months and to show a satisfactory performance in summer months too, the tilt angle will be  $35^\circ$ .



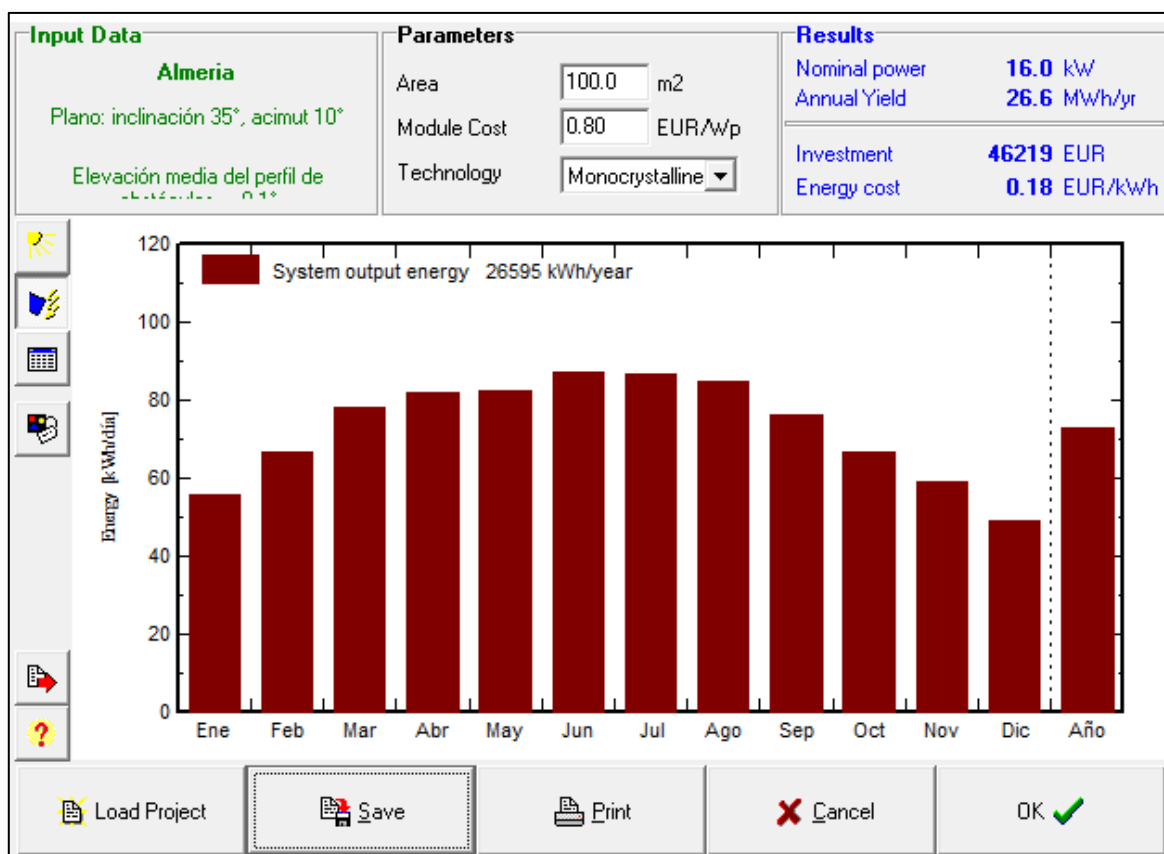


Figure 7-4. PV system output energy simulation. Source: PVsyst.

Modules orientation: 10 ° (to minimize the space in the roof, which is oriented 10° South-West).

Month	H <sub>d</sub>	H <sub>m</sub>	P
January	4,15	55,85	1731
February	4,96	66,7	1867
March	5,8	77,97	2417
April	6,1	82,03	2461
May	6,12	82,23	2549
June	6,49	87,21	2616
July	6,44	86,57	2684
August	6,3	84,72	2626
September	5,67	76,21	2286
October	4,96	66,53	2069
November	4,39	59,05	1771
December	3,64	48,91	1516
Year	5,42	72,86	26595

Table 10. Global radiation and total power of the PV installation estimations from PVsyst software. Source: PVsyst

Where:

$H_d$ : average daily sum of global irradiation per square meter received by the panels (kWh/m<sup>2</sup>)

$H_m$ : average daily value of global irradiation per square meter received by the panels (kWh/m<sup>2</sup>).

P: monthly power generated (kWh)

#### 7.2.7. Energy storage units

In this project, energy storage units are going to be added into the system analyse the overall performance of the electric system with both PV installation and storage. This storage system is supposed not to be connected to the grid, the building will consume the energy of PV installation and if at any time it is not necessary it will be stored in the batteries.

Energy storage in conjunction with a PV system is the most efficient domestic energy system in current days. The batteries allow to store the surplus solar electricity and lets the installation use more of the PV system's output, in other words, it increases self-consumption when installed. This reduces drastically the amount of grid electricity you need to buy, saving money on your electricity bill.

During the day:

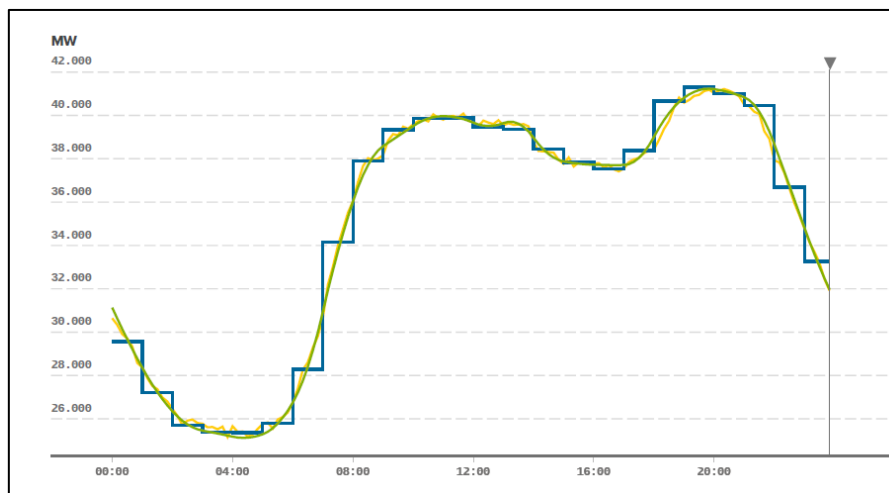
- The solar PV system generates solar electricity.
- The battery storage control system will monitor if all generation is being consume in your building.
- If all the energy produced is not being used, then the system will commute and will charge the batteries.
- Once the batteries are 100 % charged, if there is still solar electricity being generated and cannot be stored, this energy will be used to feed other systems of the building, such as water pumping units, heating system or refrigeration if needed.

During night time, when solar generation is negligible:

- The solar PV panels present no power output.
- The batteries installed can discharge the stored electricity, supplying the building with renewable-generated electricity with zero additional costs.

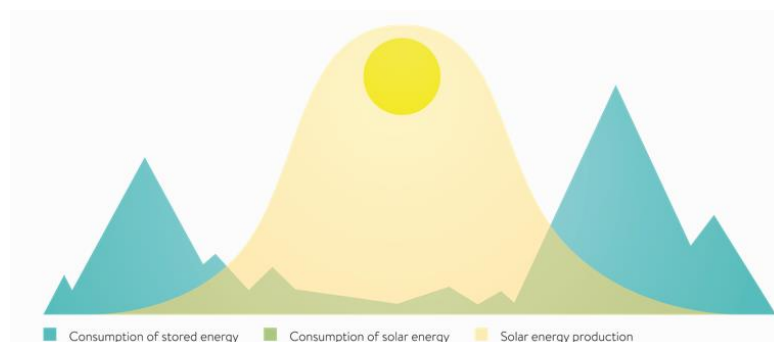
- When batteries get discharged, if more electricity is needed during night period (highly unusual), the building must access to the normal grid supply.

In *Figure 7-5* it is graphically shown the real demand curve in the Spanish electric system, it is clearly observed that there exists a more pronounced peak in consumption (peak hours) in the time frame between 19:00 and 23:00, and a minimized consumption in the night time, from 1:00 to 6:00 a.m. (valley hours).



*Figure 7-5. Real demand curve in Spanish electric system. Source: Red Eléctrica de España (REE)*

In contrast, as sketched in *Figure 7-6*, there exists a pronounced difference between the time frames in which PV installation produces bigger quantities of energy, which it is normally in the early afternoon. In this context is where the storage units are introduced into the system in order to be able to store that exceed of energy for further utilisation, and to manage energy fluxes in a more efficient way.



*Figure 7-6. Consumption vs. Production of energy with a PV installation.*

### Storage units' capacity

To design the capacity of the storage batteries, first the desired level of autonomy must be established, for the cases when climatological conditions do not allow to achieve the normal power levels due mainly to cloudiness.

This autonomy level is not obligatory for the building because it is connected to the grid, however if a storage unit is installed, the building will benefit from this in the management of energy and when to self-consume and when to consume the grid electricity.

The storage capacity needed for fulfilling the needs of the building, considering generation of PV panels and electricity consumption patterns in the building (mainly in the early morning and evening), offers the chance to attack this possibility of energy storage in order to decrease price of electricity and to stop depending a 100 % from the grid.

SOLAR PV BATTERY STORAGE SYSTEM	POWER OUTPUT IN KW	STORAGE CAPACITY (KWH)	USEABLE CAPACITY (KWH)	CYCLES WARRANTIED	KWH DELIVERED UNDER WARRANTY	INSTALLATION PRICE	P/KWHS DELIVERED UNDER WARRANTY	PRODUCT WARRANTY	BATTERY CHEMISTRY
Growatt	2.0	5	4	3000	12000	£3386	28p	5 years	Lithium Ion
Powervault 4kWh Lead Acid	1.2	8	4	1200	4800	£3410	71p	5 years	Lead Acid
GoodWe 3.6 Hybrid / Hoppecke 8kWh	3.68	8	4	2500	10000	£3980	39p	none stated	Lead Acid
SolaX Hybrid 3.7T	3.68	4.8	3.84	4000	15360	£4240	27p	5 Years	Lithium
BYD Mini ES	3.0	3.3	3.0	6000	18000	£4430	24p	5 years	Lithium iron phosphate
Tesla Powerwall 2	5.5	13.5	13.5	Unlimited	37800	£5833	15p	10 years	Lithium iron phosphate
Sonnen 8.6	2.5	6	6	10000	60000	£7390	12p	10 years	Lithium iron phosphate
Wattstor 5/6	5	6	6	2500	15000	£8140	54p	5 Years	Lithium ion
Sonnen 8.8	2.5	8	8	10000	80000	£8645	11p	10 years	Lithium iron phosphate
Powervault 4kWh Lithium-ion	1.2	4.4	4	4000	16000	£4055	25p	5 years	Lithium ion

Figure 7-7. Comparison of different storage systems. Source: Cornwall Solar Panels

The selected storage battery between all the possibilities analysed (*Figure 7-7*) is the well-known Tesla Powerwall 2 AC, which technical specifications are shown in *ANNEX IV*, based on ion-lithium technology, which is a big leap forward in storage technology with up to 13,5 kWh of useful storage capacity and capable of delivering 5,5 kW of continuous power and up to 7 kW of peak power for 10 seconds. Efficiency of the entire system, including the inverter and the storage

unit is around 85,4 %, value obtained from the addition of both individual efficiency for the inverter and the storage unit, 96 % and 89 % respectively.

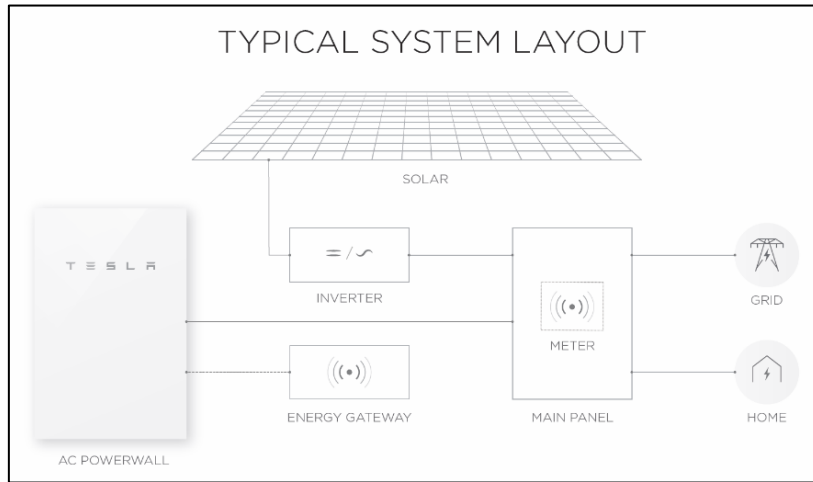


Figure 7-8. Scheme of Tesla Powerwall 2 AC integrated in a PV-grid system. Source: Tesla.

Three units of the Powerwall 2 will be used in the PV installation as storage unit for solar self-consumption from the energy produced in the photovoltaic cells, but also other applications for the battery is to act as a load shifter or a back-up system in certain highly consumption instants. So, the storage capacity of the system will be:

$$\text{Total storage capacity} = 3 * 13,5 \text{ kWh} = 40,5 \text{ kWh}$$

$$\text{Percentage of total demand cover by storage unit} = \frac{40,5}{190,09} = 0,213056 = 21,306 \%$$

Another reason for the choice is the modularity of this AC version, which has an internal battery-inverter to change your home's 230 V AC to the 50 V DC the battery operates on and vice-versa [31]. The relative price per kWh supplied by the Tesla Powerwall 2 in comparison with nearest competitors' devices on the market is the most attractive one being the cost per warranted kWh of 23.3 cents of Powerwall 2, a 25 % lower than the GCL EKwBE, 30% lower than the DCS PV5.0, and 40 % lower of its main rival, the LG Chem Resu 10.

### 7.3. GUARANTEES OF ORIGIN SYSTEM

At this point of the project, one proposed solution to improve the result of the energy certification is the consumption of “green energy” to power the electricity system of the building.

The proposed tool for this purpose is the *Sistema de Garantías de Origen*, hereinafter it is going to be called Guarantees of Origin System (GOS).

As a brief abstract, the GOS and electricity labelling permit:

- To demonstrate on the part of the owner of an energy production facility, that the production of a particular quantity of energy comes from renewable sources and high-efficient cogeneration facilities.
- To demonstrate on the part of the consumer of electric energy, the quantity of consumed energy coming from renewable sources and high-efficient cogeneration facilities.
- To inform the final consumer about the origin of the consumed electricity and its impact on the environment in terms of CO2 emissions and radioactive waste. This information is shown in all the electricity bills.
- To inform the final consumer (using the offers comparator of the CNMC) about the origin of electric energy included in the different offers from power marketer companies.

#### 7.3.1. GUARANTEES OF ORIGIN

The guarantees of origin, hereinafter mentioned as GoO, are accreditations issued under request that guarantee that a determined quantity of electric energy, measured in MWh, has been obtained from renewable energy sources and high-efficiency cogeneration plants, in a certain period of time.

For those reasons, the guarantees of origin system is an appropriate tool to add in this project of a building’s refurbishment, adding this “green energy” bought to a power marketer in the CE3X software as it was an extra renewable energy source supplying all the electricity that is consumed with this system.

One question may arise at this point regarding the GOS, what is the objective of this system? There are mainly two answers to this question:

- The most evident one is marketing; the idea of green advertisement is attractive to many brands. In the competitive world existing today a differentiation with competitors makes the difference and so by acquiring GoOs big companies advertise themselves to environment concerned people.
- The second objective is related directly with the first one, and it is the environmental benefit. The more demand of renewable energy, the greater percentage of generation that will be generated with renewable energy sources and so the impact on the environment will be reduced.

### Legislation

The operating characteristics of the Guarantees of Origin System are laid down in the community legislation with the *Directiva 2009/28/CE*, April 23th, and in the national legislation with the *Orden Ministerial ITC/1522/2007*, May 24<sup>th</sup>, modified at a later time by the *Orden IET 931/2015*, May 20<sup>th</sup> and by the *Circular 6/2012*, September 27<sup>th</sup> of the *Comisión Nacional de Energía* (currently CNMC).

Moreover, the *Ley 3/2013*, June 4th, created by the *Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia* assigned to the CNMC the management role of the Guarantees of Origin System and it is also assigned by the *Real Decreto 1955/200* to this organism as the officer of the calculation and publication of any information relative to the electricity labelling.

### Procedure

The main procedures in the issuing process of the GoOs [32] are the next ones, diagrammed in *Figure 7-9*.

- Application: The operator of a power generation facility requests to the CNMC the issuance of a certain number of GoOs in a certain period of time, that period of time must be a multiple of natural months.

- Issuance: The CNMC verifies that the energy produced by the facility with the information held by themselves coming from the premium clearance system and from the information of measurements coming from the System Operator (*Red Eléctrica de España*). After this verification, guarantees are issued to their corresponding owner, who becomes the holder of these guarantees.

The issuance of the GoOs will have as deadline the February 28<sup>th</sup> of each year and this will cover the GoOs corresponding to the previous year, and this issuance is understood to be transferred to the owner of the facility, who will be the initial holder of the same.

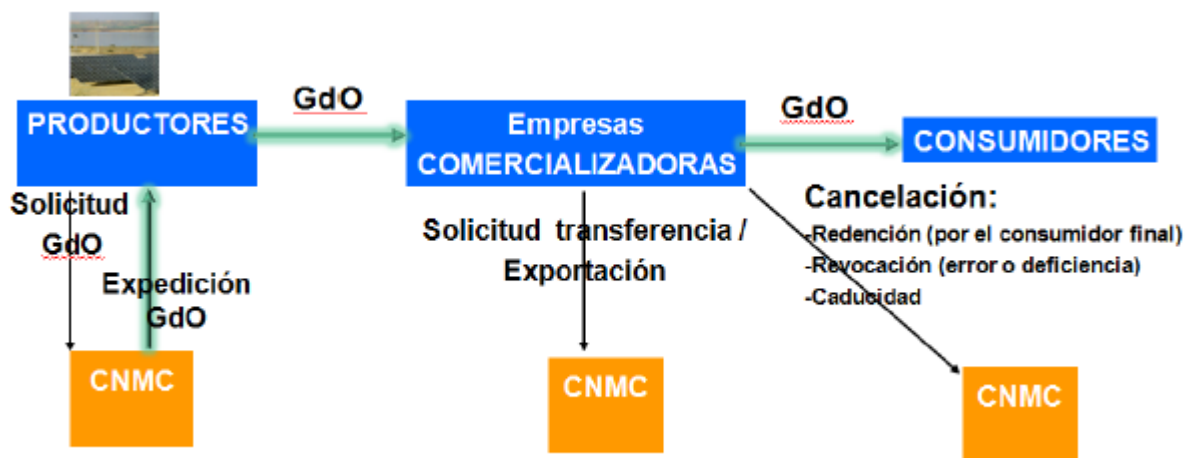


Figure 7-9. Diagram of procedures in the issuing process of the GoOs. Source: [32]

- Transference: the holder of these guarantees requests authorization to transfer the granted GoOs to a power marketer company in the national level, who becomes the new holder of these GoOs.
- Exportation: analogous process to the transference, but it refers to a power marketer company of a member state of the EU. According to legislation, if a facility holder wishes to export GoOs he must previously renounce to the premium received for that energy. For that reason, in the practice, the only facilities that request exportations are the facilities without a specific compensation system, typically certain hydraulic and wind facilities.
- Redemption in the final consumer: the holder of the guarantees requests to redeem GoOs in a final consumer, who is the final owner of these guarantees.



### 7.3.2. ELECTRICITY LABELLING

As widespread known, every building in Spain connected to the grid must have a contract with a power marketer to trade with energy and to have control on the tariff and energy consumption. The term to introduce into the equation is the electricity labelling.

#### Concept and objective of electricity labelling

The electricity labelling is a designed mechanism with the aim of providing trustworthy and homogeneous information to the final clients in relation with their electricity consumption, giving to this information a uniform format, with independence of the power marketer contracted by the consumer [33]. It contains precise information about:

- The disaggregation of energy sources used to generate the final consumed electricity.
- The environmental impact that production has originated.

With this mechanism, the final client will obtain from its power marketer or distributor, as applicable, additional information with respect to the used fuel mix and the environmental impact that traded electricity implies the year before. And, the relative position of this power marketer between all the companies offering this service, increasing then the transparency of the electric market. It is seen in *Figure 7-10* an example of the electricity labelling.

#### Legislation

The electricity labelling system regulation is stated in the *Circular 1/2008*, February 7th, of the *Comisión Nacional de la Energía* and cover all the information to be given to consumers about the origin of the electricity they consumed and its impact on the environment.

Likewise, the electricity labelling normative is laid down in the Directive 2009/72/CE, July 13<sup>th</sup> and in the *Real Decreto 1955/2000*, December 1<sup>st</sup>.

#### Reporting procedure

Every supplier company or distributor who trade with electricity with final users must present in their bills the next information [32]:

- The contribution of each primary energy source in the global mix of used energy sources that produce electricity in the Spanish electric system during the previous year.

- Information about the impact on the environment, quantifying it, in the bill will be expressed the total emissions of CO2 to the atmosphere and total high-level radioactive waste in the Spanish electric system during the previous year.
- The contribution of each primary energy source in the global mix of electric energy supplied by the power marketer company during the previous year, as well as its environmental impact associated.
- The number of Guarantees of Origin redeemed in favour of the final clients in the previous year.

The report aspect will be as declared as standard in the annex II of the *Circular 31731/2008*, which is shown here in *Figure 7-10*.

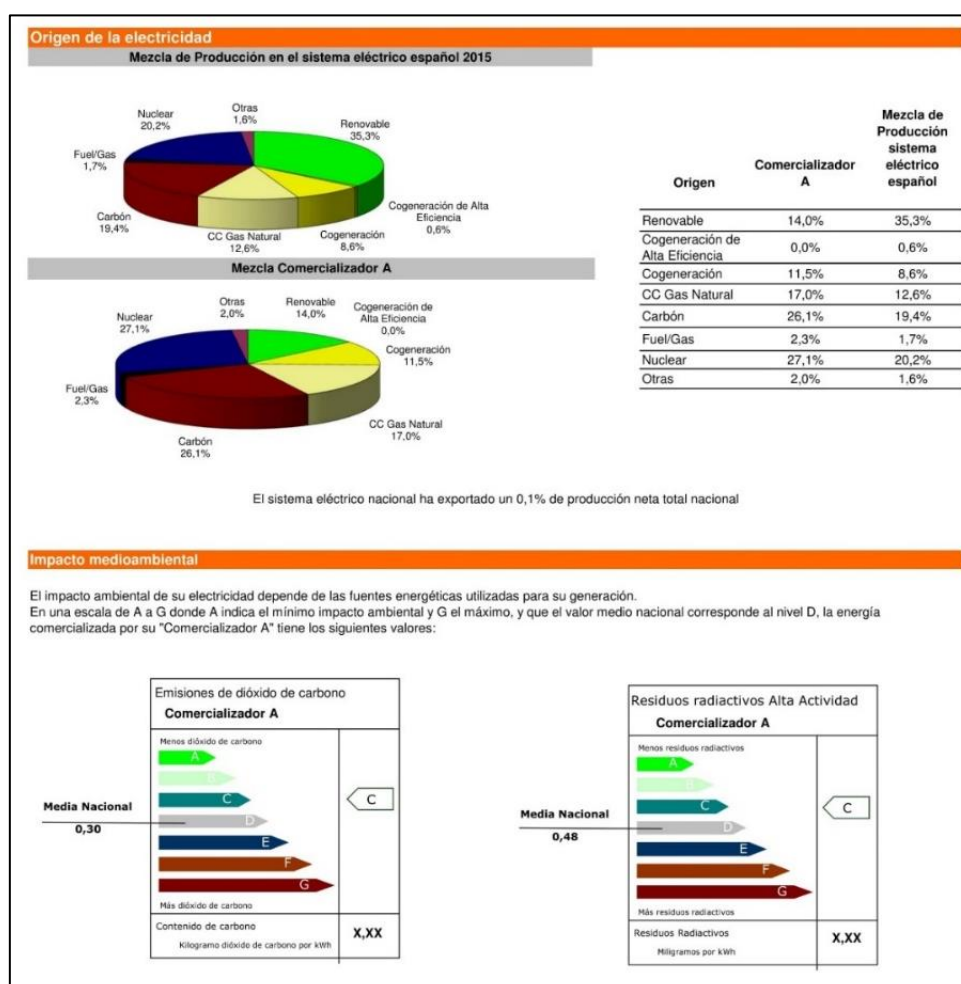


Figure 7-10. Electricity labelling format example, year 2015. Source: Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC).

## 8. SOCIO-ECONOMIC ENVIRONMENT

### 8.1. Socio-economic impacts

The world, and Europe more deeply, have set themselves a goal in relation with energy efficiency and global CO<sub>2</sub> emissions in a short-term. It has established as a goal for 2020 to save 20% of the primary energy consumption with respect to 1990 values. With this finality, The Paris Climate Change Conference 2015, and the signed agreement there, if it lasts for some years, marks the roadmap to these energy purposes.

For getting this advance, it is necessary in the current market to have development-proactive policies, operating subsidies and support for renewable energies, because they are the crucial source in this revolution. In this efficiency challenge, the retrofitting of buildings enters into the equation because of their high potential due to incredibly high percentage of total energy consumption in the residential sector. So, by fostering these type of projects, will help with this European and global challenges related with energy.

One of the main obstacles to overcome in these type of interventions is the economical aspect, to adapt original building installations and to improve them, introducing technological innovations and new materials and processes in order to improve the quality of life of people. In this sense, the savings associated with these building refurbishments need to become the main incentive to the implementation of these new technologies in buildings.

In this way, in this project the economic issue about initial investment and costs of operation of these types of energy improvement systems is going to be analyzed.



Figure 8-1. Annual expense on heating, refrigeration and domestic hot water depending on the energy certification for a 100 m<sup>2</sup> dwelling. Source: ecobservatorio.com

Here an example is presented about how much can a variation in the energy systems of a dwelling can affect to its annual cost of energy. In the estimation of the annual expenses on heating, refrigeration and domestic hot water calculated from real data in energy certifications processes offered by [34], a 100 m<sup>2</sup> dwelling with E in its certificate presents as an average a consumption of 1010 € per year. This expense accounts for double of the expense of a dwelling with the same characteristics with letter C in its certificate, and the difference increase steeply with better results for the energy certification.

If a net-zero energy building is finally achieved with the retrofiting, energy cost will get reduced until minimum levels, so economic savings can be a major voice on this decision.

## 8.2. Economic study

### **Project budget**

The budget itself is a key document for any company dedicated to the industry of construction. It is the letter of presentation from your company to the client, therefore it is a useful tool that must be used carefully in order to not to lose clients.

In any project budget, some aspect must be considered, due to its importance in the vendor-customer relationship:

- Previous analysis to determine the price per hour for our job based on fixed and variable costs and the share of the time of work.
- Additionally, the labour work must be taken into consideration, as well as the materials costs and direct associated cost such as administrative costs.
- Profit margin: it is important to have references about the competence prices and also to know the economical limitations potential clients may have and what prices they are able to reach.

For the values associated to labour work prices and material costs, all the information has been obtained from already working companies and from reliable sources.

- The costs associated to the biomass boiler, model Domusa Bioclass HM43, in terms of displacement costs are of 36,60 € if the boiler technician must come from the capital city of the region, *Jaén*. Regarding the price of labour, the average price is of 0,85 €/min,

making a total of 51 €/h, and that for the complete installation of the two boilers and the associated pipe system linkage a total time of 20 hours is needed.

- The cost of the PV installation consists of the costs for the panels, the supporting structures, the wiring installation, the batteries, the inverter and the cost for transportation of the material.
- The cost of project involved studies and analysis made by the engineer in the building: analysis of the thermal properties and characteristics of the building, study of the viability of the more appropriated solutions (energy certification process) and profit margin.
  - The energy certification process cost has been obtained from the average value in this market, which is around 500 € for this type of building.
  - The profit margin has been estimated following the recommendations from engineers in this sector, applying about an 8% of the total cost of the project

TASKS	LABOUR		MATERIALS		FIXED COSTS	BUDGET
	HOURS	RATE	UNID	€/UNIT		
<b>BIOMAS BOILER INSTALLATION</b>						
Domusa Bioclass HM43	20	€ 51,00	2	€ 3.068,03		€ 7.156,06
Technician displacement					€ 36,60	€ 36,60
Transportation cost					€ 450,00	€ 450,00
						€ 7.642,66
<b>PHOTOVOLTAIC INSTALLATION</b>						
SHARP NU-RD285	100	€ 30,00	61	€ 187,00		€ 14.407,00
Inverter	5	€ 30,00	1	€ 1.540,00		€ 1.690,00
Support structure	20	€ 20,00	61	€ 59,00		€ 3.999,00
Wiring (Cable Fotovoltaico Topsolar Pv Zz 6 Mm2 25	8	€ 20,00	7	€ 69,00		€ 643,00
Transportation cost					€ 300,00	€ 300,00
Batteries	33	€ 45,00	3	€ 6.300,00		€ 20.385,00
Batteries fixing system	2	€ 20,00	1	€ 550,00		€ 590,00
						€ 42.014,00
<b>PROJECT RELATED COSTS</b>						
Analysis of original building technical specifications	10	€ 60,00				€ 600,00
Certification of the building					€ 500,00	€ 500,00
Profit margin					€ 3.972,00	€ 3.972,00
						€ 5.072,00
<b>TOTAL</b>						<b>€ 54.728,66</b>

Figure 8-2. Project's budget.

### **Pay-back period**

Once the budget of the retrofitting project has been estimated, a financial tool useful for estimating the return on investment is by applying and estimating the discounted pay-back period of the project. In the calculations for this pay-back (PB) the supportive toll rate is not considered in order to obtain real results not affected by taxes such this one, so to be able to show all the potential these retrofitting interventions present.

In this section, and based on production data and obtained installation data, it will be proceeded to calculate cost savings engendered during the whole useful life of the applied project, which is 25 years.

- PV installation data: the manufacturer guarantees the correct function of the system for 25 years. Although the inverters typically used in these installations present a guarantee of 15 years.
- Biomass boiler: the manufacturer guarantees the boiler for 5 years, notwithstanding, with the thermal load present in the building of the study, it is reasonable to assume a useful life of 12,5 years. So, in the calculation of the pay-back period, a replacement at the half of the useful life of the whole project is necessary.
- Operational and maintenance costs must be considered to estimate in a more exact way the PB period.
- The interest rate that must be introduced in the equations for pay-back period calculation, has been assumed to be the current interest rate in Spain offered by the *Banco de España* and other investment funds, with a value at May 2017 of 4,57% [35].

The numerical results about energy production and costs savings of the PV installation are:

- Price of installation: 42.014,00 €
- Annual production, obtained with PVsyst: 26,6 MWh/year.
- Electric energy average price: 0,12381 €/kWh. This value is revised periodically; however, it will be assumed to be constant in order to calculate the PB period.
- Electricity annual savings:

$$\text{Annual electricity savings} = 26.600 \left[ \frac{kWh}{year} \right] * 0,12381 \left[ \frac{€}{kWh} \right] = 3293,346 \left[ \frac{€}{year} \right]$$

In the biomass boiler; cost of fuel in a year must be estimated:

- The annual thermal energy required by the building corresponds to an 20% of the total consumption of a dwelling, according to [19], and the value is:

$$\text{Building annual thermal consumption} = 14.334,4 \left[ \frac{kWh}{year} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{Fuel mass needed} &= \frac{\text{Building annual thermal consumption}}{LHV} = \\ &= \frac{14334,4 \left[ \frac{kWh}{year} \right]}{4,49 \left[ \frac{kWh}{kg} \right]} = 3192,517 \left[ \frac{kg}{year} \right] \end{aligned}$$

So, the total biomass fuel annual cost will be:

$$\text{Biomass annual cost} = 0,0899 \left[ \frac{€}{kg} \right] * 3192,517 \left[ \frac{kg}{year} \right] = 287,007 \left[ \frac{€}{year} \right]$$

It is important to highlight that the useful lifetime of the boilers is considered to be of 12,5 years, so an extra investment for boilers replacement is considered at the year 12 in the payback period estimation.

And the maintenance and operational costs along the whole useful life of the project can be assumed constant, with the same value for every year.

$$\text{Annual maintenance costs} = 108 \text{ €}$$

In the calculation of the annual cash flows, shown in *Table 11*, an interest rate of 0 is established due to the nature of the project, in which no loan or credit is taken out to finance the project and in which the owners themselves give the money to support the project. Due to these reasons, the depreciation of the value of money is not considered in the discounted payback period estimation.

Year (n)	Cash Flow (CF)	Present Value (PV)	Discounted Cash Flow (CF x PV)	Cumulative Discounted Cash flow (CCF)
0	-54728,66	1	-54728,66	-54728,66
1	2898,34	1	2898,34	-51830,32
2	2898,34	1	2898,34	-48931,98
3	2898,34	1	2898,34	-46033,64
4	2898,34	1	2898,34	-43135,3
5	2898,34	1	2898,34	-40236,96
6	2898,34	1	2898,34	-37338,62
7	2898,34	1	2898,34	-34440,28
8	2898,34	1	2898,34	-31541,94
9	2898,34	1	2898,34	-28643,6
10	2898,34	1	2898,34	-25745,26
11	2898,34	1	2898,34	-22846,92
12	-4744,32	1	-4744,32	-27591,24
13	2898,34	1	2898,34	-24692,9
14	2898,34	1	2898,34	-21794,56
15	2898,34	1	2898,34	-18896,22
16	2898,34	1	2898,34	-15997,88
17	2898,34	1	2898,34	-13099,54
18	2898,34	1	2898,34	-10201,2
19	2898,34	1	2898,34	-7302,86
20	2898,34	1	2898,34	-4404,52
21	2898,34	1	2898,34	-1506,18
22	2898,34	1	2898,34	1392,16
23	2898,34	1	2898,34	4290,5
24	2898,34	1	2898,34	7188,84
25	2898,34	1	2898,34	10087,18

Table 11. Discounted payback period estimation.

Last period with a negative discounted cumulative cash flow (A) = 21

Absolute value of CCF at the end of the period (B) = 1506,18

Discounted cash flow during the period after (C) = 2898,34

$$\text{Discounted Payback Period} = A + \frac{B}{C} = 21 + \frac{1506,18}{2898,34} = 21,52 \text{ years}$$



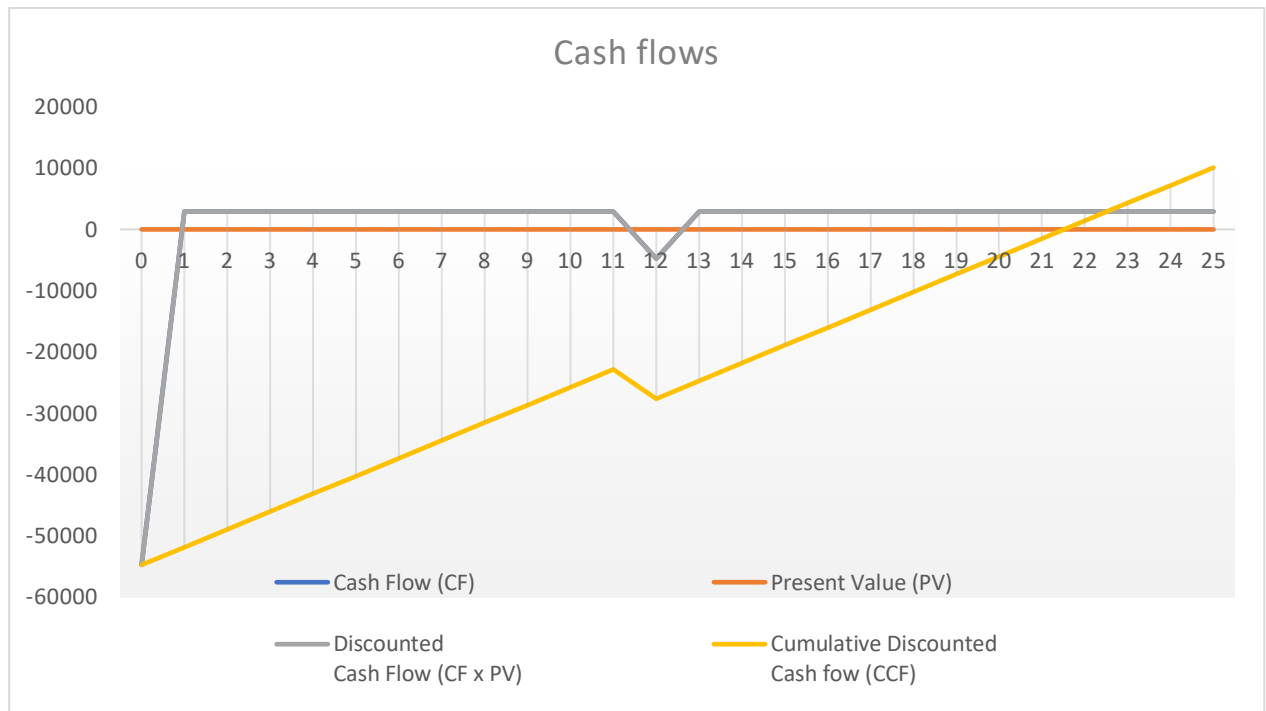


Figure 8-3. Annual cash flows.

As can be appreciated in calculations and graphically in *Figure 8-3*, the period of amortization of this installation is of 21,52 years, which is a reasonably high payback period for the initial volume of investment required and considering the installation is not subsidized by the Government.

The key factor to enter into the equation is the real period of the installation, mainly of the PV system but also of the boilers, which has been estimated as 25 years, however in real projects this value generally is greater with good maintenance conditions. With this prolongation in the useful life of material and systems, the economic profit of the project gets more attractive to any possible investor of this kind of projects.

## 9. JUSTIFICATION OF THE PROPOSED SOLUTION AND CONCLUSION

For existing buildings, the *Real Decreto* establishes in its article 6 the compulsion of the integration of the energy certification report, so this report is shown in *ANNEX II*. The recommendations included in that report must be technically feasible and could include an estimation of the range of the payback periods or its profitability during its useful life.

It is possible, during the definition of the ameliorating actions, to propose installations or modification of diverse energy systems of the building that bring us closer to the concept of net-zero energy building. It is obvious that the energy demand of the refurbished building will depend on certain boundary conditions such as physical orientation and construction materials, but there exist such a wide field of possible measures to install in the building that improve its energy behaviour that all the possibilities cannot be studied, so I have opted for the most either technical and financial feasible solutions for the building under study.

In this evaluation process, the performance of the building after the refurbishment is the main goal to achieve and to understand: with changes in the heating generator unit, PV installations and the possibility to contract the electricity access with the use Guarantees of Origin System.

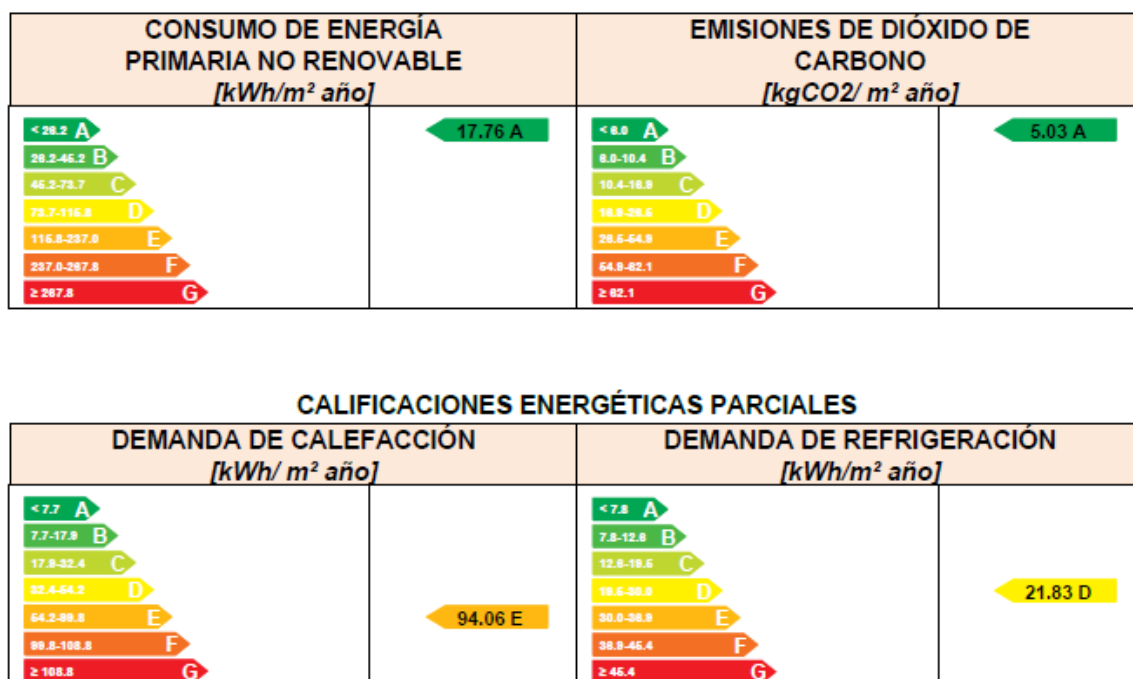


Figure 9-1. Detailed global energy certification after refurbishment. Source: CE3X

Between the three different ameliorating actions proposed in the software CE3X and shown in *ANNEX II*, the one which shows better result in the energy certification report is the one called “Ameliorating actions – Option 1”, including the PV installations and the change of the diesel generator unit by a biomass boiler.

Considering all these factors and data, this option will be the preferable referring to the building under study, due to all above-mentioned reasoned (weather conditions, geographical location...) in order to reduce the energy consumption of the building and to decrease CO<sub>2</sub> emissions.

## Energy contributions

### Photovoltaic panels system

With the application and installation of the PV panels system in the roof of the building an important percentage of the total electricity demand of the building has been covered, exactly a 38,34% according to calculations made by PVSyst software. This renewable energy source has had a direct impact in the energy certification:

- It has produced a decrease in the value associated to global emissions of the building, since it makes the estimation with the assumption that the energy coming from this installation produces less carbon dioxide emissions than electricity from the grid. This value suffers a drop of 19,8% in comparison with original conditions, and the corresponding upgrade in the letter for the certification, going from a E to a D.

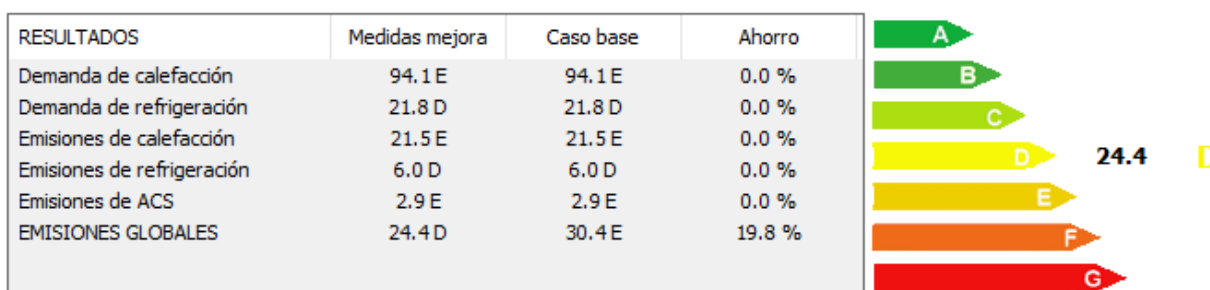


Figure 9-2. Energy certification after installation of PV system. Source: CE3X

## Guarantees of Origin System

The already studied option of applying and using the Guarantees of Origin System (GOS) in this project is completely recommended if the goal is to achieve a net-zero energy building, because the energy coming from this system is renewable energy and can be applicable in the building and considered as if it was self-generated by it.

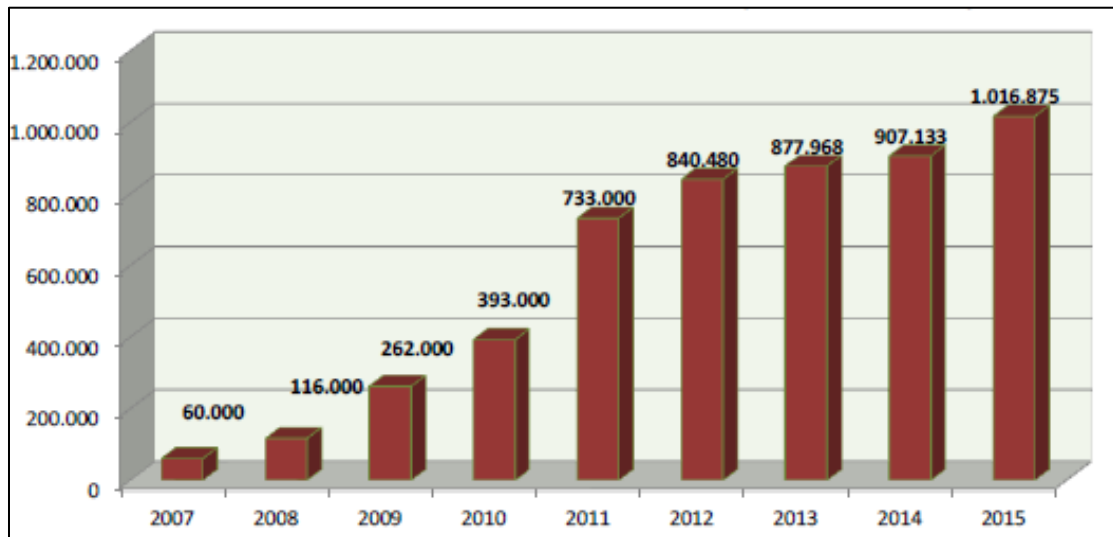


Figure 9-3. Redemptions in the final consumers - Number of consumers. Source: [32]

The national tendency in the use of this system supports the intention of this project, as it has suffered a steeply increase in the last year, as can be seen in *Figure 9-3*.

As mentioned before, the PV system produce an average annual yield covering a 38,4% of the total demand of the building. So, the remaining electricity demand must be covered with energy from grid electricity and the best option in the context of this project is to apply the GOS as a back-up system for obtaining the rest of the energy needed for the correct energetic performance of the building. This electricity tariff typically presents similar price ranges than normal electricity tariffs, so it is the best option to buy using the GOS and buy directly renewable energy to a power marketer to supply the rest of the demanded energy of the building.

### Installation of a biomass heat generator

As a brief summary of the whole explanation about why to install this biomass boiler, previously explained in 7.1, this boiler presents diverse factors and characteristics that make this type of technology, and more specifically, this model Domusa Bioclass HM43 the one that fits the most in the building of the project.

The main factors that conditions the installation of a biomass boiler are the thermal power and the properties, either thermal and physical of the biofuel employed.

In these aspects, the company in charge of the design of this boiler, Domusa Teknik, provide a wide range of power levels of this machine, with 10 kW, 16 kW, 25 kW and 43 kW, so with the installation of 2 boilers of 43kW each, it will cover the thermal demand of the building. And regarding the biofuel used, in this case it has been opted for olive pit, due to geographic proximity, the Lower Heating Value and the low price of this type of biofuel.

To circumvent the decision of this selection, it is remarkable to say that with biomass technology in buildings, according to [24] a saving up to 95% in CO<sub>2</sub> emissions can be reached and of 88% in economic savings (including installations of the system plus the consumed fuel). And as expected, the value obtained from the energy certification after the boiler installation provides that the value for savings in CO<sub>2</sub> emissions from the heating systems is of 90,1%, as shown in *Figure 9-4*.

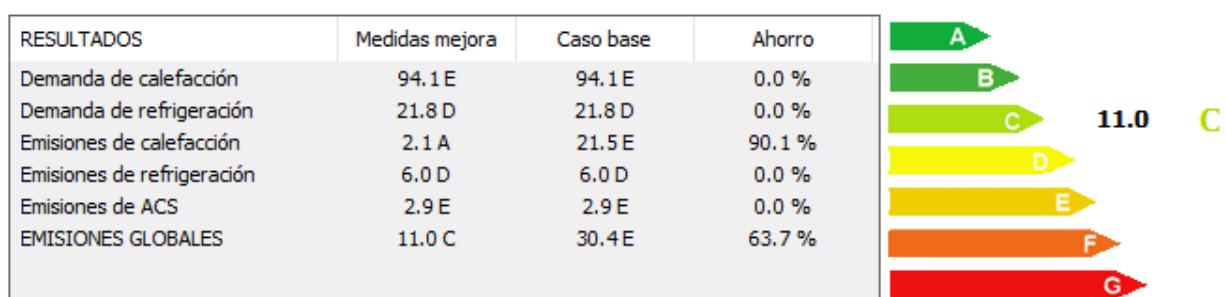


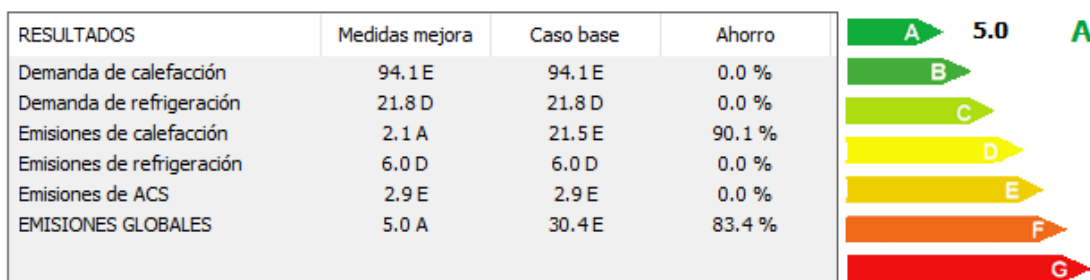
Figure 9-4. Energy certification after installation of biomass boiler. Source: CE3X

## Conclusion

The final energy certification of the building is shown in *Figure 9-5*, after the refurbishment process the result obtained is that the building now achieved a global A in the energy certification. It shows that the refurbishment has implied an improve from letter E to letter A, with its corresponding numerical grades being of 30,4 before and 5,0 after.

The goal of obtaining a net-zero energy building is not completely achieved, despite these measures applied in the refurbishment have supposed a huge benefit in the energy behaviour of the building, a nearly-zero energy building with the value for global emissions almost reduced to zero, exactly reduced by 83,4% has been the result.

The project, despite it needs a high initial investment amount, it gives a payback period of 21,5 years, so in the long run savings are realized and the initial investment made by each owner is offset.



*Figure 9-5. Energy certification of the building after the application of the ameliorating actions. Source: CE3X.*

The conclusion that can be obtained from the complete process of retrofitting and the possible measures that can be applied in the building are related mainly to the fact that almost any building with a low effort and with an in-depth energy behaviour study may get reduced its demand and emissions associated to the building in an enormous percentage.

And this retrofitting process, if a good analysis process has been done, will give a positive economic benefit to the owners of these buildings. Though the current technology in the energy sector is highly developed, over the years and with the implementation of new technologies, these interventions will give incredibly high economic advantages in comparison with current values. As commonly said “on the way is the learning”, so this retrofitting projects will be of major importance in a short future, then we must begin soon.

With this project, I have tried to raise awareness about real energy consumption in a typical current building in Spain. Additionally, my intention was to do my contribution in the market of energy refurbishment in Spain, which is an open and with a lot of future market, with great business opportunities. Moreover, if more building energetic refurbishments were executed, it would help to place Spanish housing stock at levels comparable to the EU leading countries in the energy matter and to become referents in this field.

## REFERENCES

- [1] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz y C. Pout, «A review on buildings energy consumption information,» 2007.
- [2] Energy Information Administration, USA, «International Energy Outlook 2016,» 2016.
- [3] International Energy Agency, «World Energy Outlook 2016,» 2016.
- [4] A. Cuchi y P. Sweatman, «Informe GTR 2012. Una visión-país para el sector de la edificación en España.,» 2012.
- [5] Secretaría de Estado de Energía. Ministerio de Industria, Energía y Turismo, «La Energía en España 2014,» 2014.
- [6] International Energy Agency - Energy Technology Network, «Achievements of appliance energy efficiency standards and labelling programs».
- [7] P. Torcellini, S. Pless y M. Deru, «Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition,» Pacific Grove, California, 2006.
- [8] European Parliament, «Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance on Buildings,» 2010.
- [9] Official Journal of the European Union, «Common general framework for the calculation of energy performance of buildings (referred to in Article 3),» 2010.
- [10] I. Sartori, A. Napolitano y K. Voss, «Net Zero Energy Buildings: A consistent Definition Framework.».
- [11] M. L. P. Ramos, «El reto de la eficiencia energética en el sector de la construcción,» 2013.
- [12] Gobierno de España, «Boletín Oficial del Estado. Real Decreto 235/2013, de 5 de abril,» 2013.
- [13] Ministerio de Fomento. Gobierno de España., «Código Técnico de la Edificación».
- [14] Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, «Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.,» 2007.
- [15] Instituto Nacional de Estadística, «Instituto Nacional de Estadística. Cifras de población y demografía.,» [En línea]. Available:  
[http://www.ine.es/nomen2/index.do?accion=busquedaDesdeHome&nombrePoblacion=Villares+\(Los\)](http://www.ine.es/nomen2/index.do?accion=busquedaDesdeHome&nombrePoblacion=Villares+(Los)). [Último acceso: 14 March 2017].
- [16] Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, «Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación».
- [17] Secretaría General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, «Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión,» 2003.



- [18] ENDESA, «Guía Vademecum para instalaciones de enlace de baja tensión,» 2014.
- [19] Instituto para la Diversidad y Ahorro de la Energía, «Proyecto SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España.,» 2011.
- [20] Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España, «Aplicación práctica HE-1. Limitación de la demanda energética. Edificio plurifamiliar.».
- [21] J. A. D. & W. Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes*, Wiley.
- [22] Ministerio de Fomento. Gobierno de España., Documento Básico HE-4. Punto 2.1. Contribución solar mínima..
- [23] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, «Estado de la certificación energética de los edificios. Datos CCAA.,» 2015.
- [24] M. Z. M. C. Manuel Carpio, «Impact of using biomass boilers on the energy rating and CO2 emissions of Iberian Peninsula residential buildings,» *Science Direct*, 2013.
- [25] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, [En línea]. Available: [www.idae.es](http://www.idae.es).
- [26] Consejo Oleícola Internacional, [En línea]. Available: [www.internationaloliveoil.org/?lang=es\\_ES](http://www.internationaloliveoil.org/?lang=es_ES).
- [27] J. S. Bojanowski, *Quantifying solar radiation at the Earth surface with meteorological and satellite data*, Twente.
- [28] K. Chopra, P. Paulson y V. Dutta, «Thin-film solar cells: an overview,» 2004.
- [29] M. O'Regan, «Nature 353,» *Nature*, nº 353, pp. 737-739, 1991.
- [30] C. Chenga, C. Jimenez y M. Lee, Research of BIPV optimal tilted angle, use of latitude concept for south orientated plans., 2009.
- [31] Tesla, «Tesla Energía,» [En línea]. Available: [https://www.tesla.com/es\\_ES/powerwall?redirect=no](https://www.tesla.com/es_ES/powerwall?redirect=no). [Último acceso: 29 April 2017].
- [32] Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, «Nota informativa del Sistema de Garantía de Origen y Etiquetado de la electricidad relativo a la energía del año 2015,» 2015.
- [33] D. B. Martínez, «Mejora de la calificación energética de un edificio comercial a partir de los términos de etiquetado de la iluminación y de la electricidad,» e-Archivo. Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, Madrid.
- [34] ecobservatorio by Certicalia., «[www.certicalia.com](http://www.certicalia.com),» [En línea]. Available: <https://www.certicalia.com/blog/ecobservatorio>. [Último acceso: 29 April 2017].
- [35] Banco de España, «Banco de España,» [En línea]. Available: [http://www.bde.es/clientebanca/es/areas/Tipos\\_de\\_Interes/entidades/](http://www.bde.es/clientebanca/es/areas/Tipos_de_Interes/entidades/).

- [36] Eurostat Database, «eurostat Statistics Explained,» July 2016. [En línea]. Available: [ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption\\_of\\_energy](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption_of_energy).
- [37] International Energy Agency, «Definition of energy efficiency,» [En línea]. Available: <https://www.iea.org/topics/energyefficiency/>. [Último acceso: 27 April 2017].
- [38] Agencia Andaluza de la Energía, «Histórico de datos en Andalucía».
- [39] D. B. Martínez, Mejora de la calificación energética de un edificio comercial a partir de los términos de etiquetado de la iluminación y de la electricidad., Leganés: Repositorio institucional de la Universidad Carlos III de Madrid, 2009.
- [40] Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Gobierno de España., «Geoportal,» [En línea]. Available: <http://geoportal.mityc.es>.

## ANNEXES


### ANNEX I

#### UNITS CONVERSION TABLE

Unidad	cal/s	kcal/s	W (SI)	kW	Btu/hr	hp	pie-lbf/hr
<b>1 cal/s</b>	1	3,6	4,184	$4,184 \cdot 10^{-3}$	14,276	$5,6108 \cdot 10^{-3}$	$1,1109 \cdot 10^4$
<b>1 kcal/s</b>	0,27778	1	1,1622	$1,1622 \cdot 10^{-3}$	3,9657	$1,5586 \cdot 10^{-3}$	3 086,0
<b>1 W (SI)</b>	0,23901	0,86042	1	$1,0 \cdot 10^{-3}$	3,4121	$1,3410 \cdot 10^{-3}$	2 655,2
<b>1 kW</b>	239,01	860,42	1 000	1	3 412,1	1,3410	$2,6552 \cdot 10^6$
<b>1 Btu/hr</b>	$7,0046 \cdot 10^{-2}$	0,25216	0,29307	$2,9307 \cdot 10^{-4}$	1	3,9301	778,17
<b>1 hp</b>	178,23	641,62	745,70	$2,9307 \cdot 10^{-4}$	2 544,4	1	$1,98 \cdot 10^6$
<b>1 pie-lbf/hr</b>	$9,0013 \cdot 10^{-5}$	3,2405	$3,7662 \cdot 10^{-4}$	$3,7662 \cdot 10^{-7}$	$1,2851 \cdot 10^{-3}$	$5,0505 \cdot 10^{-7}$	1

## ANNEX II

### CE3X REPORT

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	8114451VH2781S0001OK	Versión informe asociado	28/04/2017
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	13/06/2017


### Informe descriptivo de la medida de mejora

DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Ameliorating actions - Option 1

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
<b>Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos )</b> 1. It will be modify in the tab "Instalaciones" the heating pump by a biomass heat generator. 2. Self-generated electricity from the PV installations will be consumed in its totality by the building. 3. By contracting the electricity tariff with the Guarantees of Origin System, this energy can be assumed to be renewable energy self-generated by the building.
<b>Coste estimado de la medida</b> -
<b>Otros datos de interés</b>

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL			
CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]	
	17.76 A		5.03 A

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES			
DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/ m² año]		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]	
	94.06 E		21.83 D

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	8114451VH2781S0001OK	Versión informe asociado	28/04/2017
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	13/06/2017

## ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	117.58	-70.4%	18.18	0.0%	11.54	0.0%	-	-%	129.13	-30.8%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	4.00	A 95.1%	35.52	E 0.0%	13.73	E 0.0%	-	-%	17.76	A 86.4%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	2.12	A 90.1%	6.02	D 0.0%	2.91	E 0.0%	-	-%	5.03	A 83.4%
Demanda [kWh/m² año]	94.06	E 0.0%	21.83	D 0.0%						


## ENVOLVENTE TÉRMICA

### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]
CUBIERTA	Cubierta	340.21	1.84	340.21	1.84
MEDIANERA	Fachada	283.32	0.00	283.32	0.00
FACHADA FRONTAL	Fachada	120.81	1.07	120.81	1.07
MURO CON TERRENO	Fachada	109.45	0.97	109.45	0.97
SUELO CON TERRENO	Suelo	394.38	0.73	394.38	0.73
BALCONES	Suelo	12.00	0.50	12.00	0.50
TABIQUE GARAJE	Partición Interior	10.97	0.95	10.97	0.95
CONTACTO GARAJE	Partición Interior	188.34	0.95	188.34	0.95
FACHADA TRASERA	Fachada	184.28	1.07	184.28	1.07

### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual del hueco [W/m² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]	Transmitancia post mejora del vidrio [W/m² K]
VENTANAS FRONTAL	Hueco	26.71	5.70	5.70	26.71	5.70	5.70
VENTANAS TRASERAS	Hueco	18.00	5.70	5.70	18.00	5.70	5.70

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	8114451VH2781S0001OK	Versión informe asociado	28/04/2017
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	13/06/2017

## INSTALACIONES TÉRMICAS

### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
CALEFACCION	Bomba de Calor		136.3%	-	-	-	-	-	-
Nueva instalación calefacción	-	-	-	-	Caldera Estándar		80.0%	-	-
<b>TOTALES</b>									

### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
REFRIGERACIÓN	Máquina frigorífica - Caudal Ref. Variable		120.1%	-	Máquina frigorífica - Caudal Ref. Variable		120.1%	-	-
<b>TOTALES</b>		-		-		-		-	-


### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
AGUA CALIENTE SANITARIA	Caldera Estándar	24.0	77.2%	-	Caldera Estándar	24.0	77.2%	-	-
<b>TOTALES</b>		-		-		-		-	-

## ENERGÍAS RENOVABLES

### Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
CONTRIBUCION SOLAR TÉRMICA	0	0	60	-

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	8114451VH2781S0001OK	Versión informe asociado	28/04/2017
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	13/06/2017


<b>TOTALES</b>	-	-	60.0	-
----------------	---	---	------	---

#### Post mejora

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
CONTRIBUCION SOLAR TÉRMICA	0	0	60	-
<b>TOTALES</b>	-	-	60.0	-

#### Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida [kWh/año]	Energía eléctrica generada y autoconsumida post mejora [kWh/año]
Energy contributions	-	12270
<b>TOTALES</b>	0.0	12270.0


	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	8114451VH2781S0001OK	Versión informe asociado	28/04/2017
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	13/06/2017

## Informe descriptivo de la medida de mejora


DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Ameliorating actions - Option 2

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
<b>Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos )</b> 1. Thermal insulation addition in the walls 2. Self-generated electricity from the PV installations will be consumed in its totality by the building.
<b>Coste estimado de la medida</b> -
<b>Otros datos de interés</b>

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL			
CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]	
	81.19 D		20.32 D

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES			
DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/ m² año]		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]	
	73.3 E		20.62 D



	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	8114451VH2781S0001OK	Versión informe asociado	28/04/2017
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	13/06/2017

## ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	53.78	22.1%	17.17	5.5%	11.54	0.0%	-	-%	67.39	31.7%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	63.40	D 22.1%	33.56	E 5.5%	13.73	E 0.0%	-	-%	81.19	D 37.8%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	16.72	D 22.1%	5.68	D 5.5%	2.91	E 0.0%	-	-%	20.32	D 33.1%
Demanda [kWh/m² año]	73.30	E 22.1%	20.62	D 5.5%						


## ENVOLVENTE TÉRMICA

### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]
CUBIERTA	Cubierta	340.21	1.84	340.21	1.84
MEDIANERA	Fachada	283.32	0.00	283.32	0.00
FACHADA FRONTAL	Fachada	120.81	1.07	120.81	0.29
MURO CON TERRENO	Fachada	109.45	0.97	109.45	0.29
SUELO CON TERRENO	Suelo	394.38	0.73	394.38	0.73
BALCONES	Suelo	12.00	0.50	12.00	0.50
TABIQUE GARAJE	Partición Interior	10.97	0.95	10.97	0.95
CONTACTO GARAJE	Partición Interior	188.34	0.95	188.34	0.95
FACHADA TRASERA	Fachada	184.28	1.07	184.28	0.29

### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual del hueco [W/m² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]	Transmitancia post mejora del vidrio [W/m² K]
VENTANAS FRONTAL	Hueco	26.71	5.70	5.70	26.71	5.70	5.70
VENTANAS TRASERAS	Hueco	18.00	5.70	5.70	18.00	5.70	5.70

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	8114451VH2781S0001OK	Versión informe asociado	28/04/2017
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	13/06/2017

## INSTALACIONES TÉRMICAS

### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
CALEFACCION	Bomba de Calor		136.3%	-	Bomba de Calor		136.3%	-	-
<b>TOTALES</b>									

### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
REFRIGERACIÓN	Máquina frigorífica - Caudal Ref. Variable		120.1%	-	Máquina frigorífica - Caudal Ref. Variable		120.1%	-	-
<b>TOTALES</b>		-		-		-		-	-


### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
AGUA CALIENTE SANITARIA	Caldera Estándar	24.0	77.2%	-	Caldera Estándar	24.0	77.2%	-	-
<b>TOTALES</b>		-		-		-		-	-

## ENERGÍAS RENOVABLES

### Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
CONTRIBUCION SOLAR TÉRMICA	0	0	60	-
<b>TOTALES</b>	-	-	60.0	-


	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	8114451VH2781S0001OK	Versión informe asociado	28/04/2017
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	13/06/2017

#### Post mejora

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
CONTRIBUCION SOLAR TÉRMICA	0	0	60	-
<b>TOTALES</b>	-	-	60.0	-

#### Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida [kWh/año]	Energía eléctrica generada y autoconsumida post mejora [kWh/año]
Contribuciones energéticas	-	10200
<b>TOTALES</b>	0.0	10200.0



	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	8114451VH2781S0001OK	Versión informe asociado	28/04/2017
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	13/06/2017

## Informe descriptivo de la medida de mejora



DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Ameliorating actions - Option 3


DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
<b>Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos )</b> 1. Thermal insulation 2. It will be modify in the tab "Instalaciones" the heating pump by a biomass heat generator.
<b>Coste estimado de la medida</b> -
<b>Otros datos de interés</b>

### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]
	
50.4 C	10.24 B

### CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/ m² año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]
	
73.3 E	20.62 D

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	8114451VH2781S0001OK	Versión informe asociado	28/04/2017
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	13/06/2017

## ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	91.62	-32.8%	17.17	5.5%	11.54	0.0%	-	-%	120.33	-21.9%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	3.12	A 96.2%	33.56	E 5.5%	13.73	E 0.0%	-	-%	50.40	C 61.4%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	1.65	A 92.3%	5.68	D 5.5%	2.91	E 0.0%	-	-%	10.24	B 66.3%
Demanda [kWh/m² año]	73.30	E 22.1%	20.62	D 5.5%						


## ENVOLVENTE TÉRMICA

### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]
CUBIERTA	Cubierta	340.21	1.84	340.21	1.84
MEDIANERA	Fachada	283.32	0.00	283.32	0.00
FACHADA FRONTAL	Fachada	120.81	1.07	120.81	0.29
MURO CON TERRENO	Fachada	109.45	0.97	109.45	0.29
SUELO CON TERRENO	Suelo	394.38	0.73	394.38	0.73
BALCONES	Suelo	12.00	0.50	12.00	0.50
TABIQUE GARAJE	Partición Interior	10.97	0.95	10.97	0.95
CONTACTO GARAJE	Partición Interior	188.34	0.95	188.34	0.95
FACHADA TRASERA	Fachada	184.28	1.07	184.28	0.29

### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual del hueco [W/m² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]	Transmitancia post mejora del vidrio [W/m² K]
VENTANAS FRONTAL	Hueco	26.71	5.70	5.70	26.71	5.70	5.70
VENTANAS TRASERAS	Hueco	18.00	5.70	5.70	18.00	5.70	5.70

	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	8114451VH2781S0001OK	Versión informe asociado	28/04/2017
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	13/06/2017

## INSTALACIONES TÉRMICAS

### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
CALEFACCION	Bomba de Calor		136.3%	-	-	-	-	-	-
Nueva instalación calefacción	-	-	-	-	Caldera Estándar		80.0%	-	-
<b>TOTALES</b>									

### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
REFRIGERACIÓN	Máquina frigorífica - Caudal Ref. Variable		120.1%	-	Máquina frigorífica - Caudal Ref. Variable		120.1%	-	-
<b>TOTALES</b>		-		-		-		-	-

### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria


Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
AGUA CALIENTE SANITARIA	Caldera Estándar	24.0	77.2%	-	Caldera Estándar	24.0	77.2%	-	-
<b>TOTALES</b>		-		-		-		-	-

## ENERGÍAS RENOVABLES

### Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
CONTRIBUCION SOLAR TÉRMICA	0	0	60	-



	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		Ref. Catastral	8114451VH2781S0001OK	Versión informe asociado	28/04/2017
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	13/06/2017

<b>TOTALES</b>	-	-	60.0	-
----------------	---	---	------	---

**Post mejora**

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
CONTRIBUCION SOLAR TÉRMICA	0	0	60	-
<b>TOTALES</b>	-	-	60.0	-

## ANNEX III

### DATA SHEET SHARP NU-RD285



NU-RD260 | 260 W    NU-RD280 | 280 W  
NU-RD285 | 285 W  
Monocrystalline silicon photovoltaic modules

**260/280/285 W**  
The elegant solution



**For your independence**

Take advantage of solar panels + battery solutions for maximum independence



50 years of solar expertise



**Proven Quality**  
VDE, IEC/EN 61215, IEC/EN 61730  
Safety Class II / CE  
MCS accredited product  
ISO 9001 / ISO 14001



Top PV brand award



Made in Germany



**Guaranteed positive power tolerance**  
(0/+5 %)



Monocrystalline technology



10 years Product guarantee\*



25 years Linear performance guarantee\*



Up to 17.3 % module efficiency



Robust product design

\* In order to validate the guarantee, the modules have to be registered under [www.brandaddedvalue.net](http://www.brandaddedvalue.net) within a period of 12 weeks after delivery.



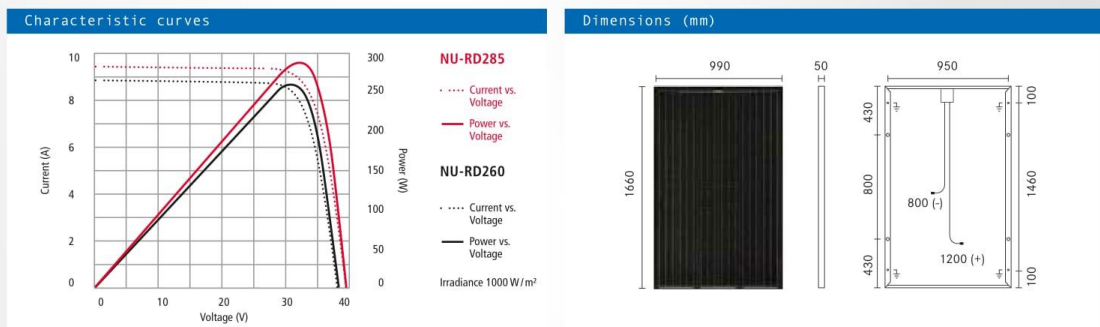
Electrical data (at STC)				
		NU-RD285	NU-RD280	NU-RD260
Maximum power	$P_{max}$	285	280	260
Open-circuit voltage	$U_{oc}$	39.2	39.2	38.5
Short-circuit current	$I_{sc}$	9.73	9.67	9.07
Voltage at point of maximum power	$U_{mpp}$	31.3	31.2	31.3
Current at point of maximum power	$I_{mpp}$	9.1	8.97	8.37
Module efficiency	$\eta_m$	17.3	17	16.1

STC = Standard Test Conditions: irradiance 1,000 W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, cell temperature 25 °C.  
Rated electrical characteristics are within ±10 % of the indicated values of Isc, Voc, and 0 to +5 % of Pmax (power measurement tolerance ±3 %).

Electrical data (at NOCT)				
		NU-RD285	NU-RD280	NU-RD260
Maximum power	$P_{max}$	207	204	188
Open-circuit voltage	$U_{oc}$	36	35.9	35.0
Short-circuit current	$I_{sc}$	7.88	7.83	7.05
Voltage at point of maximum power	$U_{mpp}$	28.3	28.2	28.3
Module efficiency	$\eta_m$	15.8	15.5	14.3

NOCT: Module operating temperature at 800 W/m<sup>2</sup> irradiance, air temperature of 20 °C, AM 1.5, wind speed of 1 m/s, NOCT: 49 °C

Limit values		Mechanical data		Temperature coefficient	
Maximum system voltage	1,000 V	Length	1,660 mm	$P_{max}$	-0.40 % / °C
Over-current protection	20 A	Width	990 mm	$U_{oc}$	-0.29 % / °C
Temperature range	-40 to 85 °C	Depth	50 mm	$I_{sc}$	0.05 % / °C
Maximum mechanical load	2,400 Pa	Weight	20 kg		



General data		Packaging data	
Cells	monocrystalline, 156 mm × 156 mm, 60 cells in series	Modules per palette	22 pcs
Front glass	low iron tempered glass, 3.2 mm	Palette size (L × W × H)	1.2 m × 1.0 m × 1.85 m
Frame	anodized aluminium alloy, black	Palette weight	approx. 490 kg
Connection box	PPE/PPO resin, IP65 Rating, 109 x 110 x 13.7 mm, 3 bypass diodes	Modules packed in one carton	22 pcs
Cable	CE cable, length 1,200 mm(+), 800 mm (-)		
Connector	MC4		



**Contact Sharp**  
SHARP ENERGY SOLUTIONS EUROPE  
A DIVISION OF SHARP ELECTRONICS (EUROPE) LTD.  
SONNINSTR. 3  
20097 HAMBURG  
GERMANY  
T: +49 (0) 40 / 2376 - 2436  
F: +49 (0) 40 / 2376 - 2193

**Your Sharp Official Distributor:**



www.sfe-solar.com · info@sfe-solar.com  
Phone: +34 981595856

Local responsibility: **Benelux** SolarInfo.seb@sharp.eu, **France** SolarInfo.fr@sharp.eu, **Germany** SolarInfo.de@sharp.eu, **Poland** energy-info.pl@sharp.eu  
**Spain & Portugal** SolarInfo.es@sharp.eu, **United Kingdom** SolarInfo.uk@sharp.eu, **Other countries** SolarInfo.Europe@sharp.eu

Note: Technical data is subject to change without prior notice. Before using Sharp products, please request the latest data sheets from Sharp. Sharp accepts no responsibility for damage to devices which have been equipped with Sharp products on the basis of unverified information. The specifications may deviate slightly and are not guaranteed. Installation and operating instructions are to be found in the corresponding handbooks, or can be downloaded from [www.sharp.eu/solar](http://www.sharp.eu/solar). This module should not be directly connected to a load.

NURD85\_10/15EN

## ANNEX IV

### DATA SHEET TESLA POWERWALL 2 AC



## POWERWALL 2 AC

The Tesla Powerwall is a fully-integrated AC battery system for residential or light commercial use. Its rechargeable lithium-ion battery pack provides energy storage for solar self-consumption, load shifting and backup power.

Powerwall's electrical interface provides a simple connection to any home or building. Its revolutionary compact design achieves market-leading energy density and is easy to install, enabling owners to quickly realize the benefits of reliable, clean power.

#### PERFORMANCE SPECIFICATIONS

AC Voltage (Nominal)	208 V, 220 V, 230 V, 277 V, 100/200 V, 120/240 V
Feed-In Type	Single & Split-Phase
Grid Frequency	50 and 60 Hz
AC Energy <sup>1</sup>	13.2 kWh
Real Power, max continuous <sup>2</sup>	5 kW (charge and discharge)
Real Power, peak (10 s) <sup>2</sup>	7 kW (discharge only)
Apparent Power, max continuous <sup>2</sup>	5.8 kVA (charge and discharge)
Apparent Power, peak (10 s) <sup>2</sup>	7.2 kVA (discharge only)
Imbalance for Single-Phase Loads	100%
Power Factor Output Range	+/- 1.0 adjustable
Power Factor (full-rated power)	+/- 0.85
Depth of Discharge	100%
Internal Battery DC Voltage	50 V
Round Trip Efficiency <sup>1,3</sup>	89.0%
Warranty	10 years

<sup>1</sup>Values provided for 25°C (77°F), 3.3 kW charge/discharge power.

<sup>2</sup>Values region-dependent.

<sup>3</sup>AC to battery to AC, at beginning of life.

#### ENERGY GATEWAY SPECIFICATIONS

User Interface	Tesla App
Connectivity	Wi-Fi, Ethernet, 3G
AC Meter	Revenue grade
Operating Modes	Support for wide range of usage scenarios
Backup Operation	Optional automatic disconnect switch
Modularity	Supports up to 9 AC-coupled Powerwalls

#### ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS

Operating Temperature	-20°C to 50°C (-4°F to 122°F)
Storage Temperature	-30°C to 60°C (-22°F to 140°F)
Operating Humidity (RH)	Up to 100%, condensing
Maximum Altitude	3000 m (9843 ft)
Environment	Indoor and outdoor rated
Enclosure Type	NEMA 3R
Ingress Rating	IP67 (Battery & Power Electronics) IP56 (Wiring)
Noise Level @ 1m	<40 dBA at 30°C (86°F)

#### MECHANICAL SPECIFICATIONS

Dimensions	1150 mm x 755 mm x 155 mm (45.3 in x 29.7 in x 6.1 in)
Weight	122 kg (269 lbs)
Mounting options	Floor or wall mount

#### COMPLIANCE INFORMATION

Safety	UL 1642, UL 1741, UL 1973, UL 9540, UN 38.3, IEC 62109-1, IEC 62619, CSA C22.2.107.1
Grid Standards	Worldwide Compatibility
Emissions	FCC Part 15 Class B, ICES 003, EN 61000 Class B
Environmental	RoHS Directive 2011/65/EU, WEEE Directive 2012/19/EU, 2006/66/EC
Seismic	AC156, IEEE 693-2005 (high)

## ANNEX V

### MEMORIA DE PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO

#### PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO DE VIVIENDAS

**SITUACIÓN:** C/ESCRIBANO ANTONIO DE VILLAREAL, LOS VILLARES (JAEN)

**PROMOTOR:** GRUPO ACTIN & SOLPER S.L

**ARQUITECTO:** RAMÓN CUENCA MONTES

ARQUITECTO COLEGIADO COAJ 330

FECHA DE PROYECTO ABRIL 2007

# Memoria de proyecto básico y ejecución

conforme al CTE (Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación)

## 0.- HOJA RESUMEN DE LOS DATOS GENERALES

Fase de proyecto: Básico + Ejecución

Título del Proyecto: Proyecto Básico de Edificio de Viviendas.

Emplazamiento: C/ Escribano Antonio de Villareal 23

### Usos del edificio

Uso principal del edificio:

- |   |                                     |                                      |                                    |
|---|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> residencial | <input type="checkbox"/> turístico  | <input type="checkbox"/> transporte  | <input type="checkbox"/> sanitario |
| <input type="checkbox"/> comercial              | <input type="checkbox"/> industrial | <input type="checkbox"/> espectáculo | <input type="checkbox"/> deportivo |
| <input type="checkbox"/> oficinas               | <input type="checkbox"/> religioso  | <input type="checkbox"/> agrícola    | <input type="checkbox"/> educación |

Usos subsidiarios del edificio:

- |                                      |   |                                  |  |
|--------------------------------------|---|----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> residencial | <input checked="" type="checkbox"/> Garajes | <input type="checkbox"/> Locales | <input type="checkbox"/> Otros: Oficinas |
|--------------------------------------|---|----------------------------------|--|

Nº Plantas      Sobre rasante      3,00      Bajo rasante:      1,00

### Superficies

superficie total construida s/ rasante	1412.26	superficie total	1806.64
superficie total construida b/ rasante	394.38	presupuesto ejecución material	433.263,82

### Estadística

nueva planta	<input checked="" type="checkbox"/> rehabilitación	<input type="checkbox"/> vivienda libre	<input checked="" type="checkbox"/> núm. viviendas	8,00
legalización	<input type="checkbox"/> reforma-ampliación	<input type="checkbox"/> VP pública	<input type="checkbox"/> núm. locales	
		VP privada	<input type="checkbox"/> núm. plazas garaje	

Control de contenido del proyecto:

### I. MEMORIA

#### 1. Memoria descriptiva

ME 1.1	Agentes	<input checked="" type="checkbox"/>
ME 1.2	Información previa	<input checked="" type="checkbox"/>

	ME 1.3	Descripción del proyecto	<input checked="" type="checkbox"/>
	ME 1.4	Prestaciones del edificio	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>2. Memoria constructiva</b>	MC 2.1	Sustentación del edificio	<input checked="" type="checkbox"/>
	MC 2.2	Sistema estructural	<input type="checkbox"/>
	MC 2.3	Sistema envolvente	<input type="checkbox"/>
	MC 2.4	Sistema de compartimentación	<input type="checkbox"/>
	MC 2.5	Sistemas de acabados	<input type="checkbox"/>
	MC 2.6	Sistemas de acondicionamiento de instalaciones	<input type="checkbox"/>
	MC 2.7	Equipamiento	<input type="checkbox"/>
<b>3. Cumplimiento del CTE</b>	DB-SE 3.1	Exigencias básicas de seguridad estructural	<input type="checkbox"/>
	SE-AE	Acciones en la edificación	<input type="checkbox"/>
	SE-C	Cimentaciones	<input type="checkbox"/>
	SE-A	Estructuras de acero	<input type="checkbox"/>
	SE-F	Estructuras de fábrica	<input type="checkbox"/>
	SE-M	Estructuras de madera	<input type="checkbox"/>
	NCSE	Norma de construcción sismorresistente	<input type="checkbox"/>
	EHE	Instrucción de hormigón estructural	<input type="checkbox"/>
	EFHE	Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados	<input type="checkbox"/>
	DB-SI 3.2	Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio	
	SI 1	Propagación interior	<input checked="" type="checkbox"/>
	SI 2	Propagación exterior	<input checked="" type="checkbox"/>
	SI 3	Evacuación	<input checked="" type="checkbox"/>
	SI 4	Instalaciones de protección contra incendios	<input checked="" type="checkbox"/>
	SI 5	Intervención de bomberos	<input checked="" type="checkbox"/>
	SI 6	Resistencia al fuego de la estructura	<input checked="" type="checkbox"/>
	DB-SU 3.3	Exigencias básicas de seguridad de utilización	
	SU1	Seguridad frente al riesgo de caídas	<input type="checkbox"/>
	SU2	Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento	<input type="checkbox"/>
	SU3	Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento	<input type="checkbox"/>
	SU4	Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada	<input type="checkbox"/>
	SU5	Seguridad frente al riesgo causado por situaciones con alta ocupación	<input type="checkbox"/>
	SU6	Seguridad frente al riesgo de ahogamiento	<input type="checkbox"/>
	SU7	Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento	<input type="checkbox"/>
	SU8	Seguridad frente al riesgo relacionado con la acción del rayo	<input type="checkbox"/>
	DB-HS 3.4	Exigencias básicas de salubridad	
	HS1	Protección frente a la humedad	<input type="checkbox"/>
	HS2	Eliminación de residuos	<input type="checkbox"/>
	HS3	Calidad del aire interior	<input type="checkbox"/>
	HS4	Suministro de agua	<input type="checkbox"/>
	HS5	Evacuación de aguas residuales	<input type="checkbox"/>
	DB-HR 3.5	Exigencias básicas de protección frente el ruido (CA-88)	<input type="checkbox"/>

DB-HE 3.6	Exigencias básicas de ahorro de energía	
HE1	Limitación de demanda energética	<input type="checkbox"/>
HE2	Rendimiento de las instalaciones térmicas (RITE)	<input type="checkbox"/>
HE3	Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación	<input type="checkbox"/>
HE4	Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria	<input type="checkbox"/>
HE5	Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica	<input type="checkbox"/>

#### 4. Cumplimiento de otros reglamentos y disposiciones

4.1	Accesibilidad	<input checked="" type="checkbox"/>
4.2	Baja Tensión	<input type="checkbox"/>
4.3	Telecomunicaciones	<input type="checkbox"/>

#### 5. Anejos a la memoria

5.1	Cálculo de la estructura	<input type="checkbox"/>
5.2	Cálculo de la fontanería	<input type="checkbox"/>
5.3	Cálculo del Saneamiento	<input type="checkbox"/>
5.4	Estudio Geotécnico	<input type="checkbox"/>

#### II. PLIEGO DE CONDICIONES

Pliego de cláusulas administrativas	<input type="checkbox"/>
Disposiciones generales	<input type="checkbox"/>
Disposiciones facultativas	<input type="checkbox"/>
Disposiciones económicas	<input type="checkbox"/>
Pliego de condiciones técnicas particulares	<input type="checkbox"/>
Prescripciones sobre los materiales	<input type="checkbox"/>
Prescripciones en cuanto a la ejecución por unidades de obra	<input type="checkbox"/>
Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado	<input type="checkbox"/>

#### III. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

☐

#### IV. MEDICIONES

☐

#### V. PRESUPUESTO

Presupuesto aproximado	<input checked="" type="checkbox"/>
Presupuesto detallado	<input checked="" type="checkbox"/>

# MEMORIA

## 1. Memoria Descriptiva

REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (BOE núm. 74, Martes 28 marzo 2006)

**1. Memoria descriptiva:** Descriptiva y justificativa, que contenga la información siguiente:

**1.2 Información previa\*.** Antecedentes y condicionantes de partida, datos del emplazamiento, entorno físico, normativa urbanística, otras normativas, en su caso. Datos del edificio en caso de rehabilitación, reforma o ampliación. Informes realizados.

**1.3 Descripción del proyecto\*.** Descripción general del edificio, programa de necesidades, uso característico del edificio y otros usos previstos, relación con el entorno.

Cumplimiento del CTE y otras normativas específicas, normas de disciplina urbanística, ordenanzas municipales, edificabilidad, funcionalidad, etc. Descripción de la geometría del edificio, volumen, superficies útiles y construidas, accesos y evacuación.

Descripción general de los parámetros que determinan las previsiones técnicas a considerar en el proyecto respecto al sistema estructural (cimentación, estructura portante y estructura horizontal), el sistema de compartimentación, el sistema envolvente, el sistema de acabados, el sistema de acondicionamiento ambiental y el de servicios.

**1.4 Prestaciones del edificio\*** Por requisitos básicos y en relación con las exigencias básicas del CTE. Se indicarán en particular las acordadas entre promotor y proyectista que superen los umbrales establecidos en el CTE.

Se establecerán las limitaciones de uso del edificio en su conjunto y de cada una de sus dependencias e instalaciones.

**Habitabilidad** (Artículo 3. Requisitos básicos de la edificación. Ley 38/1999 de 5 de noviembre. Ordenación de la Edificación. BOE núm. 266 de 6 de noviembre de 1999

*Higiene, salud y protección del medioambiente, de tal forma que se alcancen condiciones aceptables de salubridad y estanqueidad en el ambiente interior del edificio y que éste no deteriore el medio ambiente en su entorno inmediato, garantizando una adecuada gestión de toda clase de residuos.*

*Protección contra el ruido, de tal forma que el ruido percibido no ponga en peligro la salud de las personas y les permita realizar satisfactoriamente sus actividades.*

*Ahorro de energía y aislamiento térmico, de tal forma que se consiga un uso racional de la energía necesaria para la adecuada utilización del edificio.*

*Otros aspectos funcionales de los elementos constructivos o de las instalaciones que permitan un uso satisfactorio del edificio.*

**Seguridad** (Artículo 3. Requisitos básicos de la edificación. Ley 38/1999 de 5 de noviembre. Ordenación de la Edificación. BOE núm. 266 de 6 de noviembre de 1999

*Seguridad estructural, de tal forma que no se produzcan en el edificio, o partes del mismo, daños que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio.*

*Seguridad en caso de incendio, de tal forma que los ocupantes puedan desalojar el edificio en condiciones seguras, se pueda limitar la extensión del incendio dentro del propio edificio y de los colindantes y se permita la actuación de los equipos de extinción y rescate.*

*Seguridad de utilización, de tal forma que el uso normal del edificio no suponga riesgo de accidente para las personas.*

**Funcionalidad** (Artículo 3. Requisitos básicos de la edificación. Ley 38/1999 de 5 de noviembre. Ordenación de la Edificación. BOE núm. 266 de 6 de noviembre de 1999

*Utilización, de tal forma que la disposición y las dimensiones de los espacios y la dotación de las instalaciones faciliten la adecuada realización de las funciones previstas en el edificio.*

*Accesibilidad, de tal forma que se permita a las personas con movilidad y comunicación reducidas el acceso y la circulación por el edificio en los términos previstos en su normativa específica.*

*Acceso a los servicios de telecomunicación, audiovisuales y de información de acuerdo con lo establecido en su normativa específica.*

**Promotor:** Grupo ACTIN & SOLPER S.L, NIF: B-23465065

Domicilio: C/. Avda de Madrid 76 Bajo, Jaén

**Arquitecto:** ESTUDIO DE ARQUITECTURA Y URBANISMO Ramón Cuenca Montes

Ramón Cuenca Montes, nº Col. 330, Col. Oficial de Arquitectos de Jaén.

Arquitecto Berges Nº 3 Oficina A, Jaén, nº de telf: 953224098, nº de fax: 953224098

**Director de obra:** Ramón Cuenca Montes, nº Col. 330, Col. Oficial de Arquitectos de Jaén.

**Director de la ejecución de la obra:** Ramón Cuenca Montes, nº Col. 330, Col. Oficial de Arquitectos de Jaén.

**Otros técnicos** Instalaciones:

El Arquitecto autor del diseño de las instalaciones obra es Ramón Cuenca Montes, nº Col. 330, Col. Oficial de Arquitectos de Jaén.

**Intervinientes**

Estructuras

El Arquitecto autor del cálculo de las estructuras obra es Ramón Cuenca Montes, nº Col. 330, Col. Oficial de Arquitectos de Jaén

Telecomunicaciones:

Los ingenieros Técnicos de Telecomunicaciones encargados del proyecto de telecomunicaciones son:

José Manuel Hinojosa Cobo nº Col. 11.034

Juan Carlos Cuevas Martínez nº Col. 7.312

Otros 1:

Otros 2:



1.1.- Agentes	Otros 3:	
	Otros 4:	
<b>Seguridad y Salud</b>	Autor del estudio:	Francisco Javier Gómez Rodríguez, Arquitecto Técnico
	Coordinador durante la elaboración del proy.:	Francisco Javier Gómez Rodríguez, Arquitecto Técnico
	Coordinador durante la ejecución de la obra:	Francisco Javier Gómez Rodríguez, Arquitecto Técnico
<b>Otros agentes:</b>	Constructor:	Determinado por el promotor una vez definido el proyecto y estudiada la oferta
	Entidad de Control de Calidad:	Determinado por el promotor una vez definido el proyecto y estudiada la oferta
	Redactor del estudio topográfico:	Diego Villegas Zamora, COLEGIADO nº 6170
	Redactor del estudio geotécnico:	Antero Cañada Castilla , Geólogo
	Otros 1:	
	Otros 2:	
	Otros 3:	
	Otros 4:	

## 1.2.- Información previa

**Antecedentes y condicionantes de partida:** Se recibe por parte del promotor el encargo de la redacción de proyecto de un edificio destinado a vivienda plurifamiliar con 8 viviendas y garaje. La planta sótano se destina a garaje y trasteros mientras que en las restantes plantas se distribuyen las viviendas.

**Emplazamiento:** C/ Escribano Antonio de Villareal 23

**Entorno físico:** La parcela de referencia, de forma trapezoidal, está situada entre medianeras, y con su única fachada orientada al Sur.

**Normativa urbanística:** Normas Subsidiarias de Los Villares

Marco Normativo:

	Obl	Rec
Ley 6/1998, de 13 de Abril, sobre Régimen del Suelo y Valoraciones.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ley 38/1999, de 5 de Noviembre, de Ordenación de la Edificación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ley 7/2002, de 17 de Diciembre, de Ordenación Urbanística de Andalucía.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RD. 2159/1978, de 23 de Junio, Reglamento de Planeamiento.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RD. 3288/1978, de 25 de Agosto, Reglamento de Gestión.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RD. 2187/1978, de 23 de Junio, Reglamento de Disciplina Urbanística.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Normativa Sectorial de aplicación en los trabajos de edificación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Código Técnico de la Edificación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Planeamiento de aplicación:

<b>Ordenación de los Recursos Naturales y del Territorio</b>	
Instrumentos de ordenación general de recursos naturales y del territorio	No es de aplicación
Instrumentos de ordenación de los Espacios Naturales Protegidos	No es de aplicación
Instrumentos de Ordenación Territorial	No es de aplicación
<b>Ordenación urbanística</b>	
	NN.SS de Los Villares
<b>Categorización, Clasificación y Régimen del Suelo</b>	
Clasificación del Suelo	Urbano
Categoría	Suelo Urbano Consolidado
<b>Normativa Básica y Sectorial de aplicación</b>	
	No es de aplicación

Adecuación a la Normativa Urbanística:

ordenanza zonal	planeamiento	proyecto	
	Referencia a	Parámetro / Valor	Parámetro / Valor

<b>MC-2</b>	NNSS del Término Municipal Los Villares		
Ámbito de aplicación	Art X.2.1	Calificación del suelo	Regulación de la edificación
Obras y actividades admisibles	Responde a la tipología de edificación entre medianeras sobre alineación a la calle	Residencial Plurifamiliar, Unifamiliar	Vivienda Plurifamiliar

Aspectos urbanísticos singulares del proyecto:

--

Parámetros tipológicos: Condiciones de las parcelas para las obras de nueva planta. Artículos del X.2.4 al X.2.6

planeamiento		proyecto
Referencia a	Parámetro / Valor	Parámetro / Valor
Superficie de parcela	Artículo X.2.5	150 m <sup>2</sup>
Lindero frontal de la parcela	Artículo X.2.5	6.00 m
Posición de la edificación en la parcela Artículo	Artículo X.2.6	La línea de edificación coincidirá con la alineación exterior señalada en el plano nº 4 de Calificación del suelo y Regulación de la edificación
		394.38 m <sup>2</sup>
		13.38 m
		Planta baja ocupada en su totalidad, uso comercial

Parámetros de uso:

planeamiento		proyecto
Referencia a	Parámetro / Valor	Parámetro / Valor
Compatibilidad y localización de los usos	Artículo X.2.4	Uso Característico: Residencial
		Vivienda Plurifamiliar con garaje y trasteros en planta sótano. Planta Sótano: Garaje y Trasteros Planta Baja: viviendas Planta Primera y Segunda: viviendas

Parámetros volumétricos: Condiciones de ocupación y edificabilidad Artículos del X.2.7, X.2.8

planeamiento		proyecto
Referencia a	Parámetro / Valor	Parámetro / Valor
Ocupación	Artículo X.2.7	En planta Baja se podrá ocupar su totalidad y en plantas piso un fondo edificable de 20m
Coeficiente de Edificabilidad	Artículo	--
Sup. total Computable		Resultante
		--
		Las plantas de piso tienen un fondo edificable del máximo permitido

Altura máxima de edificación	Artículo X.2.8	11.00 m	9.51 m
------------------------------	----------------	---------	--------

### 1.3.- Descripción del proyecto

**Descripción general del edificio:** Se trata de un edificio entre medianeras, de 3 plantas de altura sobre rasante mas una azotea .En la planta Baja se sitúan viviendas. La sección se considera elemento fundamental para la configuración del edificio.

**Programa de necesidades:** El programa de necesidades que se recibe por parte de la propiedad para la redacción del presente proyecto se refiere a una planta Baja destinada viviendas y el acceso del garaje. Las plantas restantes se destinan a vivienda que se desarrollan un salón comedor, cocina, dos o tres dormitorios, y uno o dos baños.

**Uso característico del edificio:** El uso característico el edificio es el residencial plurifamiliar.

**Otros usos previstos:** Aparcamiento

**Relación con el entorno:** Se trata de un edificio entre medianeras, alineado a fachada marcado en las NN.SS de los Villares

**Cumplimiento del CTE:** Descripción de las prestaciones del edificio por requisitos básicos y en relación con las exigencias básicas del CTE:

Son requisitos básicos, conforme a la Ley de Ordenación de la Edificación, los relativos a la funcionalidad, seguridad y habitabilidad.

Se establecen estos requisitos con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente, debiendo los edificios proyectarse, construirse, mantenerse y conservarse de tal forma que se satisfagan estos requisitos básicos.

#### Requisitos básicos relativos a la funcionalidad:

1. Utilización, de tal forma que la disposición y las dimensiones de los espacios y la dotación de las instalaciones faciliten la adecuada realización de las funciones previstas en el edificio.

Se trata de una vivienda unifamiliar cuyo núcleo de comunicaciones se ha dispuesto de tal manera que se reduzcan lo máximo posible los recorridos de acceso a la vivienda.

En la vivienda se ha primado, así mismo, la reducción de recorridos de circulación no útiles, como son los pasillos, ubicando las los recorridos principales de la vivienda en la parte central de la pieza.

En cuanto a las dimensiones de las dependencias se ha seguido lo dispuesto por el Decreto de habitabilidad en vigor.

La vivienda está dotada de todos los servicios básicos.

2. Accesibilidad, de tal forma que se permita a las personas con movilidad y comunicación reducidas el acceso y la circulación por el edificio en los términos previstos en su normativa específica.

Cumplimiento del punto 4.2 del presente documento

3. Acceso a los servicios de telecomunicación, audiovisuales y de información de acuerdo con lo establecido en su normativa específica.

No procede

4. Facilitación para el acceso de los servicios postales, mediante la dotación de las instalaciones apropiadas para la entrega de los envíos postales, según lo dispuesto en su normativa específica.

No procede

#### **Requisitos básicos relativos a la seguridad:**

Seguridad estructural, de tal forma que no se produzcan en el edificio, o partes del mismo, daños que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio.

Los aspectos básicos que se han tenido en cuenta a la hora de adoptar el sistema estructural para la edificación que nos ocupa son principalmente: resistencia mecánica y estabilidad, seguridad, durabilidad, economía, facilidad constructiva, modulación y posibilidades de mercado.

...

Seguridad en caso de incendio, de tal forma que los ocupantes puedan desalojar el edificio en condiciones seguras, se pueda limitar la extensión del incendio dentro del propio edificio y de los colindantes y se permita la actuación de los equipos de extinción y rescate.

Condiciones urbanísticas: el edificio es de fácil acceso para los bomberos. El espacio exterior inmediatamente próximo al edificio cumple las condiciones suficientes para la intervención de los servicios de extinción de incendios.

Todos los elementos estructurales son resistentes al fuego durante un tiempo superior al sector de incendio de mayor resistencia.

El acceso está garantizado ya que los huecos cumplen las condiciones de separación.

No se produce incompatibilidad de usos.

No se colocará ningún tipo de material que por su baja resistencia al fuego, combustibilidad o toxicidad pueda perjudicar la seguridad del edificio o la de sus ocupantes.

Seguridad de utilización, de tal forma que el uso normal del edificio no suponga riesgo de accidente para las personas.

La configuración de los espacios, los elementos fijos y móviles que se instalen en el edificio, se proyectarán de tal manera que puedan ser usado para los fines previstos dentro de las limitaciones de uso del edificio que se describen más adelante sin que suponga riesgo de accidentes para los usuarios del mismo.

#### **Requisitos básicos relativos a la habitabilidad:**

Higiene, salud y protección del medio ambiente, de tal forma que se alcancen condiciones aceptables de salubridad y estanqueidad en el ambiente interior del edificio y que éste no deteriore el medio ambiente en su entorno inmediato, garantizando una adecuada gestión de toda clase de residuos.

La vivienda reúne los requisitos de habitabilidad, salubridad, ahorro energético y funcionalidad exigidos para este uso.

El conjunto de la edificación proyectada dispone de medios que impiden la presencia de agua o humedad inadecuada procedente de precipitaciones atmosféricas, del terreno o de condensaciones, y dispone de medios para impedir su penetración o, en su caso, permiten su evacuación sin producción de daños.

El edificio en su conjunto dispone de espacios y medios para extraer los residuos ordinarios generados en ellos de forma acorde con el sistema público de recogida.

La vivienda dispone de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante su uso normal, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.

Dicha vivienda dispone de medios adecuados para suministrar al equipamiento higiénico previsto de agua apta para el consumo de forma sostenible, aportando caudales suficientes para su funcionamiento, sin alteración de las propiedades de aptitud para el consumo e impidiendo los posibles retornos que puedan contaminar la red, incorporando medios que permitan el ahorro y el control del agua.

El edificio dispone de medios adecuados para extraer las aguas residuales generadas de forma independiente con las precipitaciones atmosféricas.

Protección contra el ruido, de tal forma que el ruido percibido no ponga en peligro la salud de las personas y les permita realizar satisfactoriamente sus actividades.

Todos los elementos constructivos verticales (particiones interiores, paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos, paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos, paredes separadoras de zonas comunes interiores, paredes separadoras de salas de máquinas, fachadas) cuentan con el aislamiento acústico requerido para los usos previstos en las dependencias que delimitan.

Todos los elementos constructivos horizontales (forjados generales separadores de cada una de las plantas, cubiertas transitables y forjados separadores de salas de máquinas), cuentan con el aislamiento acústico requerido para los usos previstos en las dependencias que delimitan.

Ahorro de energía y aislamiento térmico, de tal forma que se consiga un uso racional de la energía necesaria para la adecuada utilización del edificio.

El edificio proyectado dispone de una envolvente adecuada a la limitación de la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la ciudad de Jaén, del uso previsto y del régimen de verano y de invierno,

Las características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, permiten la reducción del riesgo de aparición de humedades de condensación superficial e intersticial que puedan perjudicar las características de la envolvente.

Se ha tenido en cuenta especialmente el tratamiento de los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

La edificación proyectada dispone de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.

La demanda de agua caliente sanitaria se cubrirá en parte mediante la incorporación de un sistema de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura, adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio.

Cumplimiento de otras  
normativas específicas:

**Estatales:**

EHE´99

NCSE´00

EFHE

CA-88

TELECOMUNICACIONES

REBT

RITE

Otras:

**Autonómicas:**

Habitabilidad

Accesibilidad

Normas de disciplina urbanística:

Ordenanzas municipales:

Otras:

Cumplimiento de la norma

Se cumple con las prescripciones de la Instrucción de hormigón estructural y se complementan sus determinaciones con los Documentos Básicos de Seguridad Estructural.

Se cumple con los parámetros exigidos por la Norma de construcción sismorresistente y que se justifican en la memoria de estructuras del proyecto de ejecución.

Se cumple con la Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados

Real decreto 326/2003, de 25 de Noviembre

R.D. Ley 1/1998, de 27 de Febrero sobre Infraestructuras Comunes de Telecomunicación

Real Decreto 842/ 2002 de 2 de agosto de 2002, Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios y sus instrucciones técnicas complementarias.R.D.1751/1998.

Se cumple con el Decreto ... /2006 de habitabilidad

Se cumple con el Decreto 72/1992, de 5 de mayo, por el que se aprueban las Normas Técnicas para la accesibilidad y La eliminación de barreras arquitectónicas, urbanísticas y en el transporte en Andalucía.

Se cumple con las NN.SS de los Villares

Descripción de la geometría del edificio: El solar tiene forma trapezoidal, de 390.53 m², con unas dimensiones de 13.30 m en fachada y una fachada trasera de 21.80 m. La geometría del edificio, que se deduce de la aplicación sobre el solar de la ordenanza correspondiente, es la que se recoge en el conjunto de planos que describen el proyecto.

Volumen: El volumen del edificio es el resultante de la aplicación de las ordenanzas urbanísticas y los parámetros relativos a habitabilidad y funcionalidad.

Accesos: El acceso se produce por la única fachada del solar, coincidente con el lindero Suroeste, comunicando el espacio público (acera y acceso rodado) con los espacios privados del edificio (acceso peatonal a través de portal y el aparcamiento),

Evacuación: El solar cuenta con un único lindero de contacto con el espacio público

Cuadro de sup. Útiles por viviendas

Planta Sótano	P.Baja (viv A)	P.Baja (viv B)	P.Primer a (viv C)	P.Primer a (viv D)	P.Primer a (viv E)	P.Segunda (viv C)	P.Segunda (viv D)	P.Segunda (viv E)	Zonas comunes	
Salón comedor	21.23	27.47	19.33	22.95	17.74	19.33	22.95	17.74	P.Baja 39.28	
Cocina	6.58	6.83	9.49	7.55	6.27	9.49	7.55	6.27	P.Primer a 21.17	
Dormitorio 1	14.86	14.90	11.40	9.62	15.47	11.40	9.62	15.47	P.Segunda 21.17	
Dormitorio 2	10.01	10.02	10.10	10.16	9.46	10.10	10.16	9.46	P.Azotea-Tendedero común 5.08	
Dormitorio 3	9.05	9.16	10.20	7.77	10.34	10.20	7.77	10.34		
Baño1	3.56	3.72	5.12	3.55	3.81	5.12	3.55	3.81		
Baño 2	3.95	3.89	3.96	4.01	3.09	3.96	4.01	3.09		
Vestidor	3.57	3.53	2.01	2.01		2.01	2.01			
Pasillo	13.69	13.69	11.61	12.62		11.61	12.62			
Vestíbulo	2.45	2.64	3.45	2.82		3.45	2.82			
Lavadero	2.74				1.66			1.66		
Armario		0.83								
Distribuidor					6.12			6.12		
total	335.47	91.66	96.68	86.67	83.06	73.96	86.67	83.06	73.96	86.70

Superficie útil total 1097.89

Cuadro de superficies útiles de dependencias Las superficies útiles de las dependencias se encuentran relacionadas en el apartado 4.1 de cumplimiento de las condiciones de habitabilidad, así como en los planos de superficies

Cuadro de superficies construidas

	Sc (m²)
Planta Sótano	394.38
Planta Baja	336.14
Planta Primera	360.00
Planta Segunda	360.00
Planta Azotea Tendedero común	20.69
Superficie total construida sobre rasante	1471.21



superficie total construida bajo rasante

394.38

**Superficie construida total**

1865.59

descripción general de los parámetros que determinen las previsiones técnicas a considerar en el proyecto respecto al:

(Se entiende como tales, todos aquellos parámetros que nos condicionan la elección de los concretos sistemas del edificio. Estos parámetros pueden venir determinados por las condiciones del terreno, de las parcelas colindantes, por los requerimientos del programa funcional, etc.)

## A. Sistema estructural:

### A.1 cimentación:

Descripción del sistema:

Losa de cimentación de Hormigón armado.

Se ha estimado una tensión admisible del terreno necesaria para el cálculo de la cimentación, a la espera de la realización del correspondiente estudio geotécnico para determinar si la solución prevista para la cimentación, así como sus dimensiones y armados son adecuadas al terreno existente. Esta tensión admisible es determinante para la elección del sistema de cimentación.

Parámetros

tensión admisible del terreno

2 kg/cm<sup>2</sup>

### A.2 Estructura portante:

Descripción del sistema:

El sistema estructural se compone de pórticos de hormigón armado constituidos por pilares de sección cuadrada o y por vigas de canto y/o planas en función de las luces a salvar.

Los aspectos básicos que se han tenido en cuenta a la hora de adoptar el sistema estructural para la edificación que nos ocupa son principalmente la resistencia mecánica y estabilidad, la seguridad, la durabilidad, la economía, la facilidad constructiva, la modulación y las posibilidades de mercado

El edificio proyectado se compone principalmente de crujeas paralelas a la línea de fachada. La distribución de pilares se aloja a lo largo de dicha crujeas atendiendo a las necesidades el programa de la vivienda.

El uso previsto del edificio queda definido en el apartado dedicado al programa de necesidades de la presente memoria descriptiva.

La bases de cálculo adoptadas y el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad se ajustan a los documentos básicos del CTE

Parámetros

### A.3 Estructura horizontal:

Descripción del sistema:

Sobre estos pórticos se apoyan forjados reticulares de canto 25 + 5 / 70 de bovedilla aligerante de hormigón vibrado.

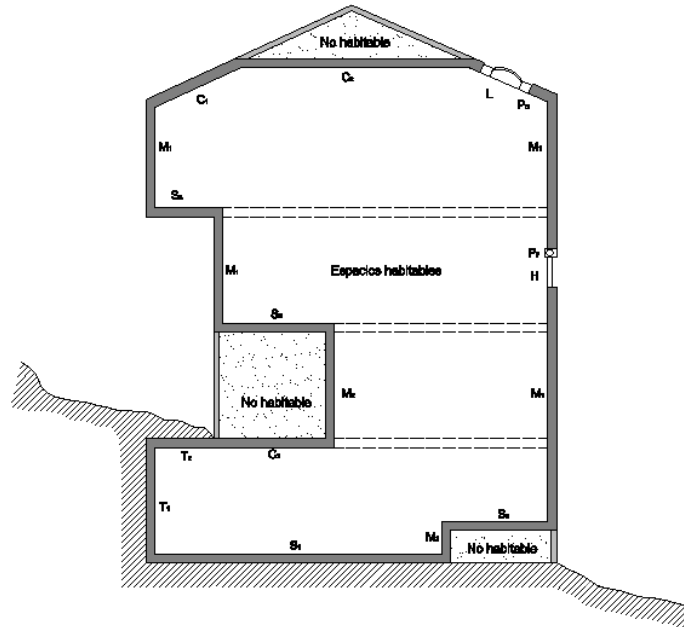
Se trata de un forjado reticular, con Inter. eje de 70 cm., canto de bovedilla 22, canto de la capa de compresión superior 5 cm. Las bovedillas son perdidas y el ancho de los nervios de 10 cms.

## B. Sistema envolvente:

Conforme al "Apéndice A: Terminología", del DB-HE se establecen las siguientes definiciones:

**Envolvente edificatoria:** Se compone de todos los *cerramientos* del edificio.

**Envolvente térmica:** Se compone de los *cerramientos* del edificio que separan los recintos *habitables* del ambiente exterior y las *particiones interiores* que separan los *recintos habitables* de los *no habitables* que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.



Esquema de la envolvente térmica de un edificio (CTE, DB-HE)

Sobre rasante SR	Exterior (EXT)	1. fachadas 2. cubiertas 3. terrazas y balcones	
	Interior (INT)	Paredes en contacto con	4. espacios habitables 5. viviendas 6. otros usos 7. espacios no habitables
		Suelos en contacto con	8. espacios habitables 9. viviendas 10. otros usos 11. espacios no habitables
Bajo rasante BR	Exterior (EXT)	12. Muros 13. Suelos	
	Interior (INT)	Paredes en contacto con	14. Espacios habitables 15. Espacios no habitables
		Suelos en contacto	16. Espacios habitables 17. Espacios no habitables
Medianeras M			18.

**Espacios exteriores a la  
edificación EXE** 19.

## B.1 Fachadas

Descripción del sistema:

Los cerramientos del edificio se han resuelto mediante cerramiento a la "Capuchina" compuesto de exterior a interior de enfoscado exterior maestreado con mortero M7.5 hidrofugado y enlucido de espesor 2,00 cm, cerramiento de ½ pié de ladrillo triple hueco de espesor 10,00 cm, enfoscado con mortero hidrófugo, apoyado sobre forjado, aislamiento térmico de poliuretano proyectado de 4 cm de espesor, homologado y densidad 35 Kp/cm², cámara de aire de espesor 3 cm, Tabicón interior de ladrillo hueco doble de espesor 7,00 cm, tomado con mortero de cemento, enlucido y guarnecido mediante yeso proyectado de espesor 2,00 cm con guardavivos metálicos en las esquinas. Se dispone de alfeizar de espesor 3,00 cm con borde resaltado para evitar entrada de agua, goterón de borde y ahuecado inferior, con disposición de aislamiento para la separación con tabique interior evitando así puente térmico y entrada de humedad por capilaridad. Para fábrica enrasada con forjado se dispone de malla metálica o geotextil aminorando así fisuras de retracción. El alojamiento de persiana monobloque y compacta formará parte con la carpintería, disponiendo de aislamiento de poliuretano proyectado cubriendo el ancho de la jácena para reducir puente térmico, al mismo tiempo que se dispone de sellado de carpintería con macilla acrílica y aplicación especialidad homologada.

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo

El peso propio de los distintos elementos que constituyen las fachadas se consideran al margen de las sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.

Salubridad: Protección contra la humedad

Para la adopción de la parte del sistema envolvente correspondiente a la fachada, se ha tenido en cuenta especialmente la zona pluviométrica en la que se ubicará y el grado de exposición al viento (zona interior). Para resolver las soluciones constructivas se tendrá en cuenta las características del revestimiento exterior previsto y del grado de impermeabilidad exigido en el CTE.

Salubridad: Evacuación de aguas

No es de aplicación a este proyecto

Seguridad en caso de incendio

Propagación exterior; resistencia al fuego EI para uso residencial Vivienda.

Distancia entre huecos de distintas edificaciones o sectores de incendios: se tendrá en cuenta la presencia de edificaciones colindantes y sectores de incendios en el edificio proyectado. Los parámetros adoptados suponen la adopción de las soluciones concretas que se reflejan en los planos de plantas, fachadas y secciones que componen el proyecto. Accesibilidad por fachada; se ha tenido en cuenta los parámetros dimensionales (ancho mínimo, altura mínima libre o gálibo y la capacidad portante del vial de aproximación. La altura de evacuación descendente es inferior a 9 m. La fachada se ha proyectado teniendo en cuenta los parámetros necesarios para facilitar el acceso a cada una de las plantas del edificio (altura de alfeizar, dimensiones horizontal y vertical, ausencia de elementos que impidan o dificulten la accesibilidad al interior del edificio).

Seguridad de utilización

La fachada no cuenta con elementos fijos que sobresalgan de la misma que estén situados sobre zonas de circulación. El edificio tiene una altura inferior a 60 m.

Aislamiento acústico

Condiciones según CA-88. RD 326/2003 de 25 de Noviembre

Parámetros

Limitación de demanda energética
Se ha tenido en cuenta la ubicación del edificio en la zona climática C4. Para la comprobación de la limitación de la demanda energética se ha tenido en cuenta además la transmitancia media de los muros de cada fachada: fachada principal orientada a Suroeste, Fachada Trasera orientada a Noroeste, incluyendo en el promedio los puentes térmicos integrados en la fachada tales como contorno de huecos pilares en fachada y de cajas de persianas, la transmitancia media de huecos de fachadas para cada orientación y el factor solar modificado medio de huecos de fachadas para cada orientación.
Diseño y otros

## B.2 Cubiertas

Descripción del sistema:

<p>Cubierta plana o terraza transitable compuesta de:</p> <p>Aislamiento térmico en panel rígido de poliestireno extruido o lana de roca, con uniones a media madera o boca de lobo y espesor mínimo 6.00 cm, homologado.</p> <p>Solería general prensada. Ladrillo 14 x 28 x 2 cm, trasdós estriado, homologada, juntas de 8 mm avitoladas pulidas por fricción con las de Morón, aparejo a la palma preferiblemente o a la portuguesa. Colocación a la pellada con mortero bastardo de agarre M7.5-b.</p> <p>Lámina impermeabilizante con uniones solapadas, solapes a favor de la pendiente como mínimo 15 cm perimetralmente.</p> <p>Capa de regularización con mortero bastardo M5-b de espesor mínimo 1,50 cm.</p> <p>Formación de pendiente con hormigón celular según proyecto, enrasada sobre maestras de tabicones perimetrales y en diagonal.</p> <p>Barrera de vapor aplicada in situ con polímeros o caucho líquido.</p> <p>Para cubiertas no transitables la terminación se realizará en capa de gravilla (mínimo diam 8 a 15 mm), de protección de la lámina asfáltica.</p>
--

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo
El peso propio de los distintos elementos que constituyen las fachadas se consideran al margen de las sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.
Salubridad: Protección contra la humedad
Para la adopción de la parte del sistema envolvente correspondiente a la cubierta, se ha tenido en cuenta especialmente la zona pluviométrica en la que se ubicará y el grado de exposición al viento (zona interior). Para resolver las soluciones constructivas se tendrá en cuenta las características del revestimiento previsto de la misma y del grado de impermeabilidad exigido en el CTE.
Salubridad: Evacuación de aguas
No es de aplicación
Seguridad en caso de incendio

## Parámetros

Propagación exterior; Resistencia al fuego **REI 60**, como mínimo en una franja de 0,50 m de anchura medida desde el edificio colindante, así como en una franja de 1,00 m de anchura situada sobre el encuentro con la cubierta de todo elemento compartimentador de un sector de incendio o de un local de riesgo especial bajo.

La medianería o elemento compartimentador se prolongará 0,60 m por encima del acabado de la cubierta.

En el encuentro entre cubierta y fachada que pertenezcan a sectores de incendio diferentes se cumplirá, lo que se indica en la tabla adjunta, para los siguientes casos:

La altura, h, sobre la cubierta a la que debe estar cualquier zona de fachada en la que la resistencia al fuego sea < EI 60.

La distancia, d, en proyección horizontal de la fachada de cualquier zona de cubierta de cubierta que no alcance como mínimo EI 60.

d (m)	≥2,50	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50	0,00
h (m)	0,00	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00

Condiciones para limitar el riesgo de propagación exterior superficial

Los materiales que ocupen más del 10,00 % del acabado exterior de las cubiertas, incluida la cara superior de los voladizos cuyo saliente excede de 1,00 m, así como los lucernarios, claraboyas y cualquier otro elemento de iluminación, ventilación o extracción de humo, deben pertenecer a la clase de reacción al fuego **B<sub>ROFF</sub> (T1)**.

Seguridad de utilización

La cubierta no cuenta con elementos fijos que sobresalgan de la misma que estén situados sobre zonas de circulación. El edificio tiene una altura inferior a 60 m.

Aislamiento acústico

Condiciones según CA-88. RD 326/2003 de 25 de Noviembre

Limitación de demanda energética

Se ha tenido en cuenta la ubicación del edificio en la zona climática C4. Para la comprobación de la limitación de la demanda energética se ha tenido en cuenta además la transmitancia térmica de cubiertas (Uc), tanto en cubiertas en contacto con el aire, como cubiertas en contacto con espacios no habitables.

No se han previsto lucernarios por lo que no se tendrá en cuenta la transmitancia térmica de los mismos (UI marcos y acristalados, y FI factor solar modificado de lucernarios)

En el cálculo se considerarán solamente los puentes térmicos (Upc) cuya superficie sea superior a 0,50 m², correspondientes a vigas o lucernarios integrados en cubiertas.

Diseño y otros

## B.3 Terrazas y balcones

Descripción del sistema:

Cubierta plana o terraza transitable compuesta de:

Aislamiento térmico en panel rígido de poliestireno extruido o lana de roca, con uniones a media madera o boca de lobo y espesor mínimo 6.00 cm, homologado.

Solería general prensada. Ladrillo 14 x 28 x 2 cm, trasdós estriado, homologada, juntas de 8 mm avitoladas pulidas por fricción con las de Morón, aparejo a la palma preferiblemente o a la portuguesa. Colocación a la pellada con mortero bastardo de agarre M7.5-b.

Lámina impermeabilizante con uniones solapadas, solapes a favor de la pendiente como mínimo 15 cm perimetralmente.

Capa de regularización con mortero bastardo M5-b de espesor mínimo 1,50 cm.

Formación de pendiente con hormigón celular según proyecto, enrasada sobre maestras de tabicones perimetrales y en diagonal.

Barrera de vapor aplicada in situ con polímeros o caucho líquido.

Para cubiertas no transitables la terminación se realizará en capa de gravilla (mínimo diam 8 a 15 mm), de protección de la lámina asfáltica.

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo
El peso propio de los distintos elementos que constituyen las fachadas se consideran al margen de las sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.
Salubridad: Protección contra la humedad
Para la adopción de la parte del sistema envolvente correspondiente a la cubierta, se ha tenido en cuenta especialmente la zona pluviométrica en la que se ubicará y el grado de exposición al viento (zona interior). Para resolver las soluciones constructivas se tendrá en cuenta las características del revestimiento previsto de la misma y del grado de impermeabilidad exigido en el CTE.
Salubridad: Evacuación de aguas
Para la adopción de la parte del sistema envolvente correspondiente a la cubierta, se ha tenido en cuenta especialmente la zona pluviométrica en la que se ubicará y el grado de exposición al viento (zona interior). Para resolver las soluciones constructivas se tendrá en cuenta las características del revestimiento previsto de la misma y del grado de impermeabilidad exigido en el CTE.
Seguridad en caso de incendio

Parámetros



Propagación exterior; Resistencia al fuego **REI 60**, como mínimo en una franja de 0,50 m de anchura medida desde el edificio colindante, así como en una franja de 1,00 m de anchura situada sobre el encuentro con la cubierta de todo elemento compartimentador de un sector de incendio o de un local de riesgo especial bajo.

La medianería o elemento compartimentador se prolongará 0,60 m por encima del acabado de la cubierta.

En el encuentro entre cubierta y fachada que pertenezcan a sectores de incendio diferentes se cumplirá, lo que se indica en la tabla adjunta, para los siguientes casos:

La altura,  $h$ , sobre la cubierta a la que debe estar cualquier zona de fachada en la que la resistencia al fuego sea  $< EI 60$ .

La distancia,  $d$ , en proyección horizontal de la fachada de cualquier zona de cubierta de cubierta que no alcance como mínimo EI 60.

$d$ (m)	$\geq 2,50$	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50	0,00
$h$ (m)	0,00	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00

Condiciones para limitar el riesgo de propagación exterior superficial

Los materiales que ocupen más del 10,00 % del acabado exterior de las cubiertas, incluida la cara superior de los voladizos cuyo saliente excede de 1,00 m, así como los lucernarios, claraboyas y cualquier otro elemento de iluminación, ventilación o extracción de humo, deben pertenecer a la clase de reacción al fuego **B<sub>ROFF</sub> (T1)**.

#### Seguridad de utilización

Suelo y pavimentos:

Discontinuidades →

Pavimentos, suelos: imperfecciones, resaltos  $\leq 6,00$  mm

Desniveles  $\leq 5$  mm, resueltos con rampa  $\leq 25,00$  %

Limitada el paso de una esfera de diámetro  $< 15$  mm

Barreras de Protección: Se dispondrán en desniveles con diferencia de altura superior a 0,55 m.

altura → (Medida desde el nivel del suelo)

Si  $0,55 > H \leq 6,00$  m, la altura será  $\geq 0,90$  m.

Si  $H > 6,00$  m, la altura  $\geq 1,10$  m. (no es de aplicación para huecos de escalera de anchura  $< 0,40$  m)

Resistencia →

Para una fuerza horizontal, distribuida uniformemente, de valor:

$q_k \geq 0,80$  Kn (DB SE AE)

Condiciones Constructivas →

No serán escalables

El tamaño de la aberturas se limita al paso de una esfera de  $diam < 0,10$  m.

#### Aislamiento acústico

Condiciones según CA-88. RD 326/2003 de 25 de Noviembre

Limitación de demanda energética

Se ha tenido en cuenta la ubicación del edificio en la zona climática C4. Para la comprobación de la limitación de la demanda energética se ha tenido en cuenta además la transmitancia térmica de cubiertas ( $U_c$ ), tanto en cubiertas en contacto con el aire, como cubiertas en contacto con espacios no habitables.
No se han previsto lucernarios por lo que no se tendrá en cuenta la transmitancia térmica de los mismos ( $U_l$ marcos y acristalados, y $F_l$ factor solar modificado de lucernarios)
En el cálculo se considerarán solamente los puentes térmicos ( $U_{pc}$ ) cuya superficie sea superior a $0,50 \text{ m}^2$ , correspondientes a vigas o lucernarios integrados en cubiertas.
Diseño y otros

#### B.4 Paredes interiores sobre rasante en contacto con espacios habitables

Descripción del sistema:

Las paredes interiores sobre rasante en contacto con espacios habitables se han resuelto mediante tabicón de ladrillo doble hueco de espesor $7,00 \text{ cm}$ tomados con mortero de cemento, tomados al techo con pasta de yeso y con diferentes acabados en ambas caras según situación:
Enlucido y guarnecido en ambas caras mediante yeso proyectado con guardavivos metálicos en las esquinas.
Enlucido y guarnecido en una de sus caras mediante yeso proyectado con guardavivos metálicos en las esquinas. La otra cara maestreado con mortero de cemento y alicatado con baldosa cerámica vitrificadas $20 \times 20 \text{ cm}$ tomada con cemento cola y con junta lechada de cemento.

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo
El peso propio de los distintos elementos que constituyen las fachadas se consideran al margen de las sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.
Salubridad: Protección contra la humedad
No es de aplicación
Salubridad: Evacuación de aguas
No es de aplicación
Seguridad en caso de incendio
Estos elementos no son elementos separadores de sectores de incendio diferentes. Se tiene en cuenta la reacción al fuego de los elementos constructivos y decorativos. Las paredes a las que se hace referencia cumplirán con una reacción al fuego $C-s2, d0$
Seguridad de utilización
No se han dispuesto elementos fijos salientes que sobresalgan de las paredes a una altura comprendida entre $1,00 \text{ m}$ y $2,20 \text{ m}$ .
Tampoco elementos volados con altura menor de $2,00 \text{ m}$ .
Los huecos para albergar umbrales de puerta se han dimensionado para altura libre superior a $2,00 \text{ m}$

Parámetros

Aislamiento acústico
Condiciones según CA-88. RD 326/2003 de 25 de Noviembre
Limitación de demanda energética
No hay paredes interiores en contacto con estancias no habitables
Diseño y otros

#### B.5 Paredes interiores sobre rasante en contacto con viviendas

Descripción del sistema:

Las paredes interiores sobre rasante en contacto con viviendas del edificio en cuestión (son paredes que en algún momento de su vida pueden estar en contacto directo con espacio exterior, al tratarse de una vivienda entre medianeras) se han resuelto mediante cerramiento a la "Capuchina" compuesto de exterior a interior de enfoscado exterior maestreado con mortero M7.5 hidrofugado y enlucido de espesor 2,00 cm (si es posible), cerramiento de ½ pie de ladrillo triple hueco de espesor 10,00 cm, enfoscado con mortero hidrófugo, apoyado sobre forjado, aislamiento térmico de poliuretano proyectado de 4 cm de espesor, homologado y densidad 35 Kp/cm², cámara de aire de espesor 3,00 cm, Tabicón interior de ladrillo hueco doble de espesor 7,00 cm, tomado con mortero de cemento, enlucido y guarnecido mediante yeso proyectado de 2,00 cm de espesor con guardavivos metálicos en las esquinas. Se dispone de alfeizar de espesor 3,00 cm con borde resaltado para evitar entrada de agua, goterón de borde y ahuecado inferior, con disposición de aislamiento para la separación con tabique interior evitando así puente térmico y entrada de humedad por capilaridad. Para fábrica enrasada con forjado se dispone de malla metálica o geotextil aminorando así fisuras de retracción. El alojamiento de persiana monobloque y compacta formará parte con la carpintería, disponiendo de aislamiento de poliuretano proyectado cubriendo el ancho de la jácena para reducir puente térmico, al mismo tiempo que se dispone de sellado de carpintería con macilla acrílica y aplicación especialidad homologada.

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo
El peso propio de los distintos elementos que constituyen las fachadas se consideran al margen de las sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.
Salubridad: Protección contra la humedad
No es de aplicación
Salubridad: Evacuación de aguas
No es de aplicación
Seguridad en caso de incendio
No es de aplicación
Seguridad de utilización
No es de aplicación
Aislamiento acústico
Condiciones según CA-88. RD 326/2003 de 25 de Noviembre
Limitación de demanda energética
No es de aplicación
Diseño y otros

Parámetros

No procede

#### B.6 Paredes interiores sobre rasante en contacto con otros usos

Descripción del sistema:

No procede

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo

No procede

Salubridad: Protección contra la humedad

No procede

Salubridad: Evacuación de aguas

No procede

Seguridad en caso de incendio

No procede

Seguridad de utilización

No procede

Aislamiento acústico

No procede

Limitación de demanda energética

No procede

Diseño y otros

No procede

Parámetros

#### B.7 Paredes interiores sobre rasante en contacto con espacios no habitables

Descripción del sistema:

Las paredes interiores sobre rasante en contacto con espacios no habitables se han resuelto mediante tabicón de ladrillo doble hueco de espesor 7,00 cm tomados con mortero de cemento de 2,00 cm de espesor, tomados al techo con pasta de yeso y con terminación en ambas caras con yeso proyectado con guardavivos metálicos en las esquinas.

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo

El peso propio de los distintos elementos que constituyen las fachadas se consideran al margen de las sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.

Salubridad: Protección contra la humedad

No es de aplicación

Salubridad: Evacuación de aguas

Parámetros

No es de aplicación
Seguridad en caso de incendio
Estos elementos no son elementos separadores de sectores de incendio diferentes. Se tiene en cuenta la reacción al fuego de los elementos constructivos y decorativos. Las paredes a las que se hace referencia cumplirán con una reacción al fuego C-s2, d0
Seguridad de utilización
No se han dispuesto elementos fijos salientes que sobresalgan de las paredes a una altura comprendida entre 1,00 m y 2,20 m. Tampoco elementos volados con altura menor de 2,00 m. Los huecos para albergar umbrales de puerta se han dimensionado para altura libre superior a 2,00 m
Aislamiento acústico
Condiciones según CA-88. RD 326/2003 de 25 de Noviembre
Limitación de demanda energética
Para particiones interiores en contacto con espacios no habitables y zona C, la Transmitancia Térmica Máxima será de 0,95 W/m²K.
Diseño y otros
No procede

**B.8 Suelos interiores sobre rasante en contacto con espacios habitables**

Descripción del sistema:

Suelos en contacto con espacios habitables compuestos de: Acabado de solería de gres porcelánico 50x50 sin junta tomado con cemento cola sobre capa de regulación nivelado y maestreado con mortero de cemento M5-b de espesor mínimo 5,00 cm. Aislamiento térmico en panel rígido de poliestireno extruido o lana de roca, con uniones a media madera o boca de lobo y espesor mínimo 3,00 cm, homologado. Cama de nivelación de arena de río de espesor mínimo 5,00 cm. Forjado unidireccional de hormigón armado de espesor total 30,00 cm (bovedilla de hormigón de 22,00 cm. entre calles de viguetas de celosía de intereje 70,00 c. y capa de compresión de hormigón armado de 5,00 cm con mallazo de reparto $\phi 6\#30$ ) Acabado de techo con capa de yeso proyectado de espesor medio 1,50 cm.
---

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo
El peso propio de los distintos elementos que constituyen los suelos interiores se consideran al margen de las sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.
Salubridad: Protección contra la humedad
No es de aplicación
Salubridad: Evacuación de aguas
No es de aplicación
Seguridad en caso de incendio
Estos elementos no son elementos separadores de sectores de incendio diferentes. Se tiene en cuenta la reacción al fuego de los elementos constructivos y decorativos. Las paredes a las que se hace referencia cumplirán con una reacción al fuego C-s2, d0. Para la estructura portante se exige será R90.

Parámetros

Seguridad de utilización
Continuidad en el pavimento: Pavimentos , suelos → Imperfecciones, resaltos $\leq 6$ mm Desniveles → $\leq 5$ mm resueltos con rampa $\leq 25\%$ Zonas de circulación interior → Perforación en los suelos limitada al paso de una esfera de diámetro $< 15$ mm.
Barreras de protección: Se dispondrán en desniveles con diferencia de cota $0,55$ m. Altura $\geq a$ $0,90$ m si → $0,55 < H \leq 6,00$ m Altura $\geq a$ $1,10$ m si → $H > 6,00$ m Resistirá una fuerza horizontal, distribuida uniformemente, $q_k \geq 0,8$ kN/m No serán escalables y la aberturas se limitarán al paso de una esfera de $\phi < 0,10$ m
Aislamiento acústico
Condiciones según CA-88. RD 326/2003 de 25 de Noviembre
Limitación de demanda energética
Para suelos interiores sobre rasante en contacto con espacios habitables y zona C, la Transmitancia Térmica Máxima será de $0,65$ W/m <sup>2</sup> K.
Diseño y otros
No procede

#### B.9 Suelos interiores sobre rasante en contacto con viviendas

Descripción del sistema:

Suelos en contacto con espacios habitables compuestos de: Acabado de solería de gres porcelánico 50x50 sin junta tomado con cemento cola sobre capa de regulación nivelado y maestreado con mortero de cemento M5-b de espesor mínimo $5,00$ cm. Aislamiento térmico en panel rígido de poliestireno extruido o lana de roca, con uniones a media madera o boca de lobo y espesor mínimo $3,00$ cm, homologado. Cama de nivelación de arena de río de espesor mínimo $5,00$ cm. Forjado unidireccional de hormigón armado de espesor total $30,00$ cm (bovedilla de hormigón de $22,00$ cm. entre calles de viguetas de celosía de intereje $70,00$ c. y capa de compresión de hormigón armado de $5,00$ cm con mallazo de reparto $\phi 6\#30$ ) Acabado de techo con capa de yeso proyectado de espesor medio $1,50$ cm.
---

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo
El peso propio de los distintos elementos que constituyen los suelos interiores se consideran al margen de las sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.
Salubridad: Protección contra la humedad
No procede
Salubridad: Evacuación de aguas
No procede
Seguridad en caso de incendio

## Parámetros

Estos elementos no son elementos separadores de sectores de incendio diferentes. Se tiene en cuenta la reacción al fuego de los elementos constructivos y decorativos. Las paredes a las que se hace referencia cumplirán con una reacción al fuego C-s2, d0. Para la estructura portante se exige será R90.
Seguridad de utilización
Continuidad en el pavimento: Pavimentos , suelos → Imperfecciones, resaltos $\leq 6$ mm Desniveles → $\leq 5$ mm resueltos con rampa $\leq 25\%$ Zonas de circulación interior → Perforación en los suelos limitada al paso de una esfera de diámetro $< 15$ mm.
Barreras de protección: Se dispondrán en desniveles con diferencia de cota $0,55$ m. Altura $\geq a$ $0,90$ m si → $0,55 < H \leq 6,00$ m Altura $\geq a$ $1,10$ m si → $H > 6,00$ m Resistirá una fuerza horizontal, distribuida uniformemente, $q_k \geq 0,8$ kN/m No serán escalables y la aberturas se limitarán al paso de una esfera de $\phi < 0,10$ m
Aislamiento acústico
Condiciones según CA-88. RD 326/2003 de 25 de Noviembre
Limitación de demanda energética
Para suelos interiores sobre rasante en contacto con espacios habitables y zona C, la Transmitancia Térmica Máxima será de $0,65$ W/m <sup>2</sup> K.
Diseño y otros
No procede

## B.10 Suelos interiores sobre rasante en contacto con otros usos

### Descripción del sistema:

No procede

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo
No procede
Salubridad: Protección contra la humedad
No procede
Salubridad: Evacuación de aguas
No procede
Seguridad en caso de incendio
No procede
Seguridad de utilización
No procede
Aislamiento acústico
No procede
Limitación de demanda energética
No procede
Diseño y otros

Parámetros

No procede

#### B.11 Suelos interiores sobre rasante en contacto con espacios no habitables

Descripción del sistema:

Suelos en contacto con espacios no habitables compuestos de:  
Acabado de solería de gres porcelánico 50x50 sin junta tomado con cemento cola sobre capa de regulación nivelado y maestreado con mortero de cemento M5-b de espesor mínimo 5,00 cm.  
Aislamiento térmico en panel rígido de poliestireno extruido o lana de roca, con uniones a media madera o boca de lobo y espesor mínimo 3,00 cm, homologado.  
Cama de nivelación de arena de río de espesor mínimo 5,00 cm.  
Forjado unidireccional de hormigón armado de espesor total 27,00 cm (bovedilla de hormigón de 22,00 cm. entre calles de viguetas de celosía de intereje 70,00 c. y capa de compresión de hormigón armado de 5,00 cm con mallazo de reparto  $\phi 6\#30$ )  
Acabado de techo con capa de yeso proyectado de espesor medio 1,50 cm.

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo

El peso propio de los distintos elementos que constituyen los suelos interiores se consideran al margen de las sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.

Salubridad: Protección contra la humedad

No es de aplicación

Salubridad: Evacuación de aguas

No es de aplicación

Seguridad en caso de incendio

Estos elementos no son elementos separadores de sectores de incendio diferentes.

Se tiene en cuenta la reacción al fuego de los elementos constructivos y decorativos. Las paredes a las que se hace referencia cumplirán con una reacción al fuego C-s2, d0.

Para la estructura portante se exige será R90.

Seguridad de utilización

Continuidad en el pavimento:

Pavimentos, suelos → Imperfecciones, resaltos  $\leq 6$  mm

Desniveles →  $\leq 5$  mm resueltos con rampa  $\leq 25\%$

Zonas de circulación interior → Perforación en los suelos limitada al paso de una esfera de diámetro  $< 15$  mm.

Barreras de protección:

Se dispondrán en desniveles con diferencia de cota 0,55 m.

Altura  $\geq 0,90$  m si  $\rightarrow 0,55 < H \leq 6,00$  m

Altura  $\geq 1,10$  m si  $\rightarrow H > 6,00$  m

Resistirá una fuerza horizontal, distribuida uniformemente,  $q_k \geq 0,8$  kN/m

No serán escalables y la aberturas se limitarán al paso de una esfera de  $\phi < 0,10$  m

Aislamiento acústico

Condiciones según CA-88. RD 326/2003 de 25 de Noviembre

Parámetros



Limitación de demanda energética
Para suelos interiores sobre rasante en contacto con espacios no habitables y zona C, la Transmitancia Térmica Máxima será de 0,65 W/m²K.
Diseño y otros
No procede

## B.12 Muros bajo rasante

Descripción del sistema:

Para muros bajo rasante se dispone el siguiente sistema constructivo:

Muro de hormigón armado HA-25 de espesor 20,00 cm.

Cámara de aire de espesor 5,00 cm con aislamiento de poliuretano proyectado de 2,00 cm y densidad 35 KN/cm².

Tabique interior de ladrillo hueco sencillo de espesor 5,00 cm, tomado con mortero de cemento, enlucido y guarnecido mediante yeso proyectado con guardavivos metálicos en las esquinas.

Para fábrica enrasada con forjado se dispone de malla metálica o geotextil aminorando así fisuras de retracción.

Parámetros

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo
El peso propio de los distintos elementos que constituyen las fachadas se consideran al margen de las sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.
Salubridad: Protección contra la humedad
En la medida de lo posible se dispone de drenaje para muro de sótano compuesto por Tubo de hormigón poroso o PVC rasurado, enchachado de grava con geotextil hasta cota de terreno natural.
En interior se dispone de cámara de aire con aislamiento según indicaciones anteriores.
Para resolver las soluciones constructivas se tendrá en cuenta las características del revestimiento exterior previsto y del grado de impermeabilidad exigido en el CTE.
Salubridad: Evacuación de aguas
No es de aplicación a este proyecto
Seguridad en caso de incendio
Resistencia al fuego EI60
Seguridad de utilización
El cerramiento en cuestión no cuenta con elementos fijos que sobresalgan de la misma que estén situados sobre zonas de circulación.
Aislamiento acústico
Condiciones según CA-88. RD 326/2003 de 25 de Noviembre
Limitación de demanda energética
Se ha tenido en cuenta la ubicación del edificio en la zona climática C4. Para la comprobación de la limitación de la demanda energética se ha tenido en cuenta además la transmitancia media de los muros.
Muros bajo rasante en contacto en habitables y zona C, la Transmitancia Térmica Máxima será de 0,95 W/m²K.
Diseño y otros

**B.13 Suelos exteriores bajo rasante**

Descripción del sistema:

No procede

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo
No procede
Salubridad: Protección contra la humedad
No procede
Salubridad: Evacuación de aguas
No procede
Seguridad en caso de incendio
No procede
Seguridad de utilización
No procede
Aislamiento acústico
No procede
Limitación de demanda energética
No procede
Diseño y otros
No procede

Parámetros

**B.14 Paredes interiores bajo rasante en contacto con espacios habitables**

Descripción del sistema:

No procede

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo
No procede
Salubridad: Protección contra la humedad
No procede
Salubridad: Evacuación de aguas
No procede
Seguridad en caso de incendio
No procede
Seguridad de utilización
No procede
Aislamiento acústico
No procede
Limitación de demanda energética
No procede

Parámetros

Diseño y otros

No procede

#### B.15 Paredes interiores bajo rasante en contacto con espacios no habitables

Descripción del sistema:

Las paredes interiores sobre rasante en contacto con espacios no habitables se han resuelto mediante tabicón de ladrillo doble hueco de espesor 7,00 cm tomados con mortero de cemento de 2,00 cm de espesor, tomados al techo con pasta de yeso y con terminación en ambas caras con yeso proyectado con guardavivos metálicos en las esquinas.

Parámetros

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo

El peso propio de los distintos elementos que constituyen las fachadas se consideran al margen de las sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.

Salubridad: Protección contra la humedad

No procede

Salubridad: Evacuación de aguas

No es de aplicación

Seguridad en caso de incendio

Estos elementos no son elementos separadores de sectores de incendio diferentes.

Se tiene en cuenta la reacción al fuego de los elementos constructivos y decorativos. Las paredes a las que se hace referencia cumplirán con una reacción al fuego C-s2, d0

Seguridad de utilización

No se han dispuesto elementos fijos salientes que sobresalgan de las paredes a una altura comprendida entre 1,00 m y 2,20 m.

Tampoco elementos volados con altura menor de 2,00 m.

Los huecos para albergar umbrales de puerta se han dimensionado para altura libre superior a 2,00 m

Aislamiento acústico

Condiciones según CA-88. RD 326/2003 de 25 de Noviembre

Limitación de demanda energética

Para particiones interiores en contacto con espacios no habitables y zona C, la Transmitancia Térmica Máxima será de 0,95 W/m²K.

Diseño y otros

No procede

#### B.16 Suelos interiores bajo rasante en contacto con espacios habitables

Descripción del sistema:

No procede

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo

Parámetros

No procede
Salubridad: Protección contra la humedad
No procede
Salubridad: Evacuación de aguas
No procede
Seguridad en caso de incendio
No procede
Seguridad de utilización
No procede
Aislamiento acústico
No procede
Limitación de demanda energética
No procede
Diseño y otros
No procede

#### B.17 Suelos exteriores sobre rasante en contacto con espacios habitables

Descripción del sistema:

Terraza transitable compuesta de:

Aislamiento térmico en panel rígido de poliestireno extruido o lana de roca, con uniones a media madera o boca de lobo y espesor mínimo 3,00 cm, homologado.

Solería general prensada. Ladrillo 14 x 28 x 2 cm, trasdós estriado, homologada, juntas de 8 mm avitoladas pulidas por fricción con las de Morón, aparejo a la palma preferiblemente o a la portuguesa. Colocación a la pellada con mortero bastardo de agarre M7.5-b.

Lámina impermeabilizante con uniones solapadas, solapes a favor de la pendiente como mínimo 15 cm perimetralmente.

Capa de regularización con mortero bastardo M5-b de espesor mínimo 1,50 cm.

Formación de pendiente con hormigón celular según proyecto, enrasada sobre maestras de tabicones perimetrales y en diagonal.

Barrera de vapor aplicada in situ con polímeros o caucho líquido.

Para cubiertas no transitables la terminación se realizará en capa de gravilla (mínimo diam 8 a 15 mm), de protección de la lámina asfáltica.

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo

Parámetros

El peso propio de los distintos elementos que constituyen las fachadas se consideran al margen de las sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.

Salubridad: Protección contra la humedad

Para la adopción de la parte del sistema envolvente correspondiente a la cubierta, se ha tenido en cuenta especialmente la zona pluviométrica en la que se ubicará y el grado de exposición al viento (zona interior). Para resolver las soluciones constructivas se tendrá en cuenta las características del revestimiento previsto de la misma y del grado de impermeabilidad exigido en el CTE.

Salubridad: Evacuación de aguas

Para la adopción de la parte del sistema envolvente correspondiente a la cubierta, se ha tenido en cuenta especialmente la zona pluviométrica en la que se ubicará y el grado de exposición al viento (zona interior). Para resolver las soluciones constructivas se tendrá en cuenta las características del revestimiento previsto de la misma y del grado de impermeabilidad exigido en el CTE.

Seguridad en caso de incendio

Propagación exterior; Resistencia al fuego **REI 60**, como mínimo en una franja de 0,50 m de anchura medida desde el edificio colindante, así como en una franja de 1,00 m de anchura situada sobre el encuentro con la cubierta de todo elemento compartimentador de un sector de incendio o de un local de riesgo especial bajo.

La medianería o elemento compartimentador se prolongará 0,60 m por encima del acabado de la cubierta.

En el encuentro entre cubierta y fachada que pertenezcan a sectores de incendio diferentes se cumplirá, lo que se indica en la tabla adjunta, para los siguientes casos:

La altura,  $h$ , sobre la cubierta a la que debe estar cualquier zona de fachada en la que la resistencia al fuego sea  $< EI 60$ .

La distancia,  $d$ , en proyección horizontal de la fachada de cualquier zona de cubierta de cubierta que no alcance como mínimo EI 60.

d (m)	≥2,50	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50	0,00
h (m)	0,00	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00

Condiciones para limitar el riesgo de propagación exterior superficial

Los materiales que ocupen más del 10,00 % del acabado exterior de las cubiertas, incluida la cara superior de los voladizos cuyo saliente excede de 1,00 m, así como los lucernarios, claraboyas y cualquier otro elemento de iluminación, ventilación o extracción de humo, deben pertenecer a la clase de reacción al fuego **B<sub>ROFF</sub> (T1)**.

Seguridad de utilización

Suelo y pavimentos:

Discontinuidades →

Pavimentos, suelos: imperfecciones, resaltos  $\leq 6,00$  mm

Desniveles  $\leq 5$  mm, resueltos con rampa  $\leq 25,00$  %

Limitada el paso de una esfera de diámetro  $< 15$  mm

Barreras de Protección: Se dispondrán en desniveles con diferencia de altura superior a 0,55 m.

altura → (Medida desde el nivel del suelo)

Si  $0,55 > H \leq 6,00$  m, la altura será  $\geq 0,90$  m.

Si  $H > 6,00$  m, la altura  $\geq 1,10$  m. (no es de aplicación para huecos de escalera de anchura  $< 0,40$  m)

Resistencia →

Para una fuerza horizontal, distribuida uniformemente, de valor:

$q_k \geq 0,80$  Kn (DB SE AE)

Condiciones Constructivas →

No serán escalables

El tamaño de la aberturas se limita al paso de una esfera de  $\text{diam} < 0,10$  m.

Aislamiento acústico

Condiciones según CA-88. RD 326/2003 de 25 de Noviembre

Limitación de demanda energética

Se ha tenido en cuenta la ubicación del edificio en la zona climática C4. Para la comprobación de la limitación de la demanda energética se ha tenido en cuenta además la transmitancia térmica de cubiertas ( $U_c$ ), tanto en cubiertas en contacto con el aire, como cubiertas en contacto con espacios no habitables.

No se han previsto lucernarios por lo que no se tendrá en cuenta la transmitancia térmica de los mismos (UI marcos y acristalados, y FI factor solar modificado de lucernarios)

En el cálculo se considerarán solamente los puentes térmicos ( $U_{pc}$ ) cuya superficie sea superior a  $0,50$  m<sup>2</sup>, correspondientes a vigas o lucernarios integrados en cubiertas.

Diseño y otros

## B.18 Medianeras

Descripción del sistema:

Los cerramientos de medianería del edificio se han resuelto mediante cerramiento a la "Capuchina" compuesto de exterior a interior de enfoscado exterior maestreado con mortero M7.5 hidrofugado y enlucido de espesor 2,00 cm (si es posible), cerramiento de  $\frac{1}{2}$  pie de ladrillo triple hueco de espesor 10,00 cm, enfoscado con mortero hidrófugo, apoyado sobre forjado, aislamiento térmico de poliuretano proyectado de 4 cm de espesor, homologado y densidad 35 Kp/cm<sup>2</sup>, cámara de aire de espesor 3 cm, Tabicón interior de ladrillo hueco doble de espesor 7,00 cm, tomado con mortero de cemento, enlucido y guarnecido mediante yeso proyectado de 2,00 cm de espesor con guardavivos metálicos en las esquinas.

Para fábrica enrasada con forjado se dispone de malla metálica o geotextil aminorando así fisuras de retracción.

## Parámetros

Seguridad estructural peso propio, sobrecarga de uso, viento, sismo
El peso propio de los distintos elementos que constituyen las fachadas se consideran al margen de las sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.
Salubridad: Protección contra la humedad
Para la adopción de la parte del sistema envolvente correspondiente a la medianería, se ha tenido en cuenta especialmente la zona pluviométrica en la que se ubicará y el grado de exposición al viento (zona interior). Para resolver las soluciones constructivas se tendrá en cuenta las características del revestimiento exterior previsto y del grado de impermeabilidad exigido en el CTE.
Salubridad: Evacuación de aguas
No es de aplicación a este proyecto
Seguridad en caso de incendio
Propagación exterior; resistencia al fuego EI para uso residencial Vivienda.
Con el fin de limitar el riesgo de propagación de incendio a otros edificios, se garantizará una resistencia al fuego $\geq$ EI 120.
Seguridad de utilización
Los cerramientos de medianería no cuentan con elementos fijos que sobresalgan de la misma que estén situados sobre zonas de circulación. El edificio tiene una altura inferior a 60 m.
Aislamiento acústico
Condiciones según CA-88. RD 326/2003 de 25 de Noviembre
Limitación de demanda energética
Se ha tenido en cuenta la ubicación del edificio en la zona climática C4. Para la comprobación de la limitación de la demanda energética se ha tenido en cuenta además la transmitancia media de los cerramientos de medianería.
Cerramientos de medianería y zona C, la Transmitancia Térmica Máxima será de 1,00 W/m²K.
Diseño y otros

### C. Sistema de compartimentación:

Se definen en este apartado los elementos de cerramiento y particiones interiores. Los elementos seleccionados cumplen con las prescripciones del Código Técnico de la Edificación, cuya justificación se desarrolla en la memoria de proyecto de ejecución en los apartados específicos de cada Documento Básico.

Se entiende por partición interior, conforme al "Apéndice A: Terminología" del Documento Básico HE1, el elemento constructivo del edificio que divide su interior en recintos independientes.

Pueden ser verticales u horizontales.

Se describirán también en este apartado aquellos elementos de la carpintería que forman parte de las particiones interiores (carpintería interior).

	Descripción del sistema:
Partición 1	<b>Divisiones interiores de vivienda :</b> Formación de pendiente de una hoja de 9 cms de espesor de fábrica , de ladrillo cerámico hueco doble , para revestir , 24 x11x9 cm, recibida con mortero de cemento M-40 (1:6).
Partición 2	<b>Puerta de paso interiores :</b> Tablero aglomerado directo, para barnizar , de pino país, modelo con moldura recta; precerco de pino país de 90x35 mm ; galces macizos de pino país de 90x20 mm; tapajuntas macizos de pino país de 70x11
	Parámetros Descripción de los parámetros determinantes para la elección de los sistemas de particiones: Ruido, Seguridad de incendio, etc.
Partición 1	Ruido : particiones interiores entre áreas de igual con una masa de 104 Kg / m <sup>2</sup> , con una resistencia acústica de dBA cumpliendo con lo requerido por la CA-88 Seguridad de incendio: Entre divisiones interiores de igual uso dentro de un mismo sector de incendios no es necesario una resistencia al fuego específica. Ahorro de energía: Se ha determinado en función de cálculo de ahorro energético especificado en el anexo correspondiente. Salubridad: Las divisiones interiores de vivienda no tienen referencia en el sistema de salubridad del edificio. Seguridad de utilización: Las divisiones interiores de viviendas no tienen referencia en la seguridad de utilización del edificio.
Partición 2	Determinado por las necesidades del propietario cumpliendo con los parámetros determinados no habiendo parámetros que determinen la tipología específica de estos elementos.

#### D. Sistema de acabados:

Relación y descripción de los acabados empleados en el edificio, así como los parámetros que determinan las previsiones técnicas y que influyen en la elección de los mismos.

<b>Revestimientos exteriores</b>	Descripción del sistema:
Revestimiento 1	<b>Formación en fachadas:</b> de revestimiento continuo, impermeable al agua de lluvia, con mortero monocapa para acabado raspado grueso, compuesto por cemento, aditivos , resinas y cargas minerales , espesor del mortero 15 mm
Revestimiento 2	<b>Solería de patio y balcones :</b> Solado de baldosas cerámicas de gres rústico 2-2-E de 20x20 con un índice resbalabilidad Rd>45, según norma UNE-ENV 12633:2003, colocadas sobre una capa de 4 cms de mortero de cemento M-80 (1:4) armado con mallazo ME 10x10, $\phi$ 5 mm , acero B 500 T 6x2,20 UNE 36092, recibidas con adhesivo cementoso normal , C1 sin ninguna característica adicional , color gris y rejuntadas con mortero de juntas cementoso, CG1, para junta mínima ( entre 1,5 y 3 mm ), con la misma tonalidad de piezas .



Revestimiento 3	<b>Pintura en puerta de entrada de vivienda:</b> barniz sintético, de aspecto mate y acabado liso. Incluso p/p de limpieza del soporte, lijado fino, tapaporos , mano de fondo con barniz diluido, y dos manos de barniz. Según NTE-RPP.
Revestimiento 4	<b>Esmalte de barandillas:</b> hierro y acero mediante esmalte sintético, de aspecto mate y acabado liso. Limpieza de óxidos, capa de imprimación antioxidante de al menos 50 micras de espesor y dos manos de acabado de al menos 40 micras de espesor cada una. Según NTE-RPP.
	Parámetros que determinan las previsiones técnicas
Revestimiento 1	Según las determinaciones en HS de salubridad el grado de impermeabilidad es 3, lo que requiere un revestimiento tipo R1, de espesor entre 10 y 15 mm, con adherencia suficiente al soporte para garantizar su estabilidad.
Revestimiento 2	El solado cumple con lo requerido en el art.2.4.3.5.2 para solado fijo del documento básico HS Salubridad. El suelo tendrá un índice de resbalabilidad Rd>45, según norma UNE-ENV 12633-2003
Revestimiento 3	No hay requerimientos específicos, únicamente los exigidos por el diseño específico de la edificación.
Revestimiento 4	No hay requerimientos específicos, únicamente los exigidos por el diseño específico de la edificación.
<b>Revestimientos interiores</b>	Descripción del sistema:
Revestimiento 1	<b>Paramentos interiores de vivienda:</b> Revestimiento continuo interior de yeso, a buena vista, sobre paramento vertical , hasta 3 m de altura, de 15 mm de espesor , formado por una primera capa de guarnecido con pasta de yeso grueso YG, aplicado sobre los paramentos a revestir y una segunda capa de enlucido con pasta de yeso fino YF, que constituye la terminación o remate, con maestras solamente en las esquinas, rincones, guarniciones de huecos, y maestras intermedias para que la separación entre ellas no sea superior a 3m.
Revestimiento 2	<b>Alicatados de núcleos húmedos:</b> alicatado con azulejo decorativo 3-1-H ( paramento sin junta ( tipo 3), uso en paramentos (tipo 1), uso higiénico ( tipo H ) , 20x20 cm, recibido con adhesivo cementoso de uso exclusivo para interiores , C0 sin ninguna característica adicional , color blanco , sobre una capa de regularización de 2cms de espesor enfoscado de mortero de cemento CEM II / A-P 32,5 R y arena M-60 (1:5),maestreado y fratasado. Rejuntado con mortero de juntas cementoso con absorción de agua reducida, CG2W, para junta mínima ( entre 1,5 y 3 mm ), con la misma tonalidad de las piezas cantoneras de PVC, juntas y piezas especiales. Según NTE-RPA.
Revestimiento 3	<b>Falso techo de escayola:</b> constituido por placas de escayola lisa ; fijación de las placas por medio de estopadas colgantes de pasta de escayola y fibras de esparto, con un mínimo de tres fijaciones, relleno de la parte exterior de las juntas entre las placas, realización de juntas de dilatación . Según NTE-RTC

Revestimiento 4	<b>Pintura interior de vivienda:</b> pintado de paramentos interiores de yeso o escayola mediante pintura plástica, lisa, lijado y limpieza del soporte, mano de fondo, plastecido, repaso parcial de fondo y dos manos de acabado. Según NTE-RTC
Revestimiento 5	<b>Barnizado de puertas de madera:</b> madera mediante barniz graso, de aspecto mate y acabado liso, limpieza del soporte, lijado fino, tapaporos, mano de fondo con barniz diluido, con protector químico insecticida fungicida y dos manos de barniz. Según NTE-RPP
Revestimiento 6	<b>Esmalte de barandillas:</b> hierro y acero mediante esmalte sintético, de aspecto mate y acabado liso. Limpieza de óxidos, capa de imprimación antioxidante de al menos 50 micras de espesor y dos manos de acabado de al menos 40 micras de espesor cada una. Según NTE-RPP
Parámetros que determinan las previsiones técnicas	
Revestimiento 1	No hay requerimientos específicos, únicamente los exigidos por el diseño específico de la edificación.
Revestimiento 2	No hay requerimientos específicos, únicamente los exigidos por el diseño específico de la edificación.
Revestimiento 3	No hay requerimientos específicos, únicamente los exigidos por el diseño específico de la edificación.
Revestimiento 4	No hay requerimientos específicos, únicamente los exigidos por el diseño específico de la edificación.
Revestimiento 5	No hay requerimientos específicos, únicamente los exigidos por el diseño específico de la edificación.
Revestimiento 6	No hay requerimientos específicos, únicamente los exigidos por el diseño específico de la edificación.
<b>Solados</b>	
Descripción del sistema:	
Solado 1	<b>Solería de vivienda:</b> Solado de baldosas de mármol, para interiores, 40x40x2 cm, acabado a pulir en obra, colocadas sobre capa de refuerzo de 4 cm de mortero de cemento M-80 (1:4) armado con mallazo ME 10x10, $\phi$ 5 mm, acero B 500 T 6x2,20 UNE 36092, realizada sobre lámina de espuma de polietileno de alta densidad de 5 mm de espesor, que actúa como aislamiento acústico y recibidas con mortero de cemento, con arena de miga M-40 (1:6).
Solado 2	<b>Solería de núcleos húmedos:</b> gres esmaltado Clase 2, de 33x33 cm, colocadas sobre capa de refuerzo de 4 cm de mortero de cemento M-80 (1:4) armado con mallazo ME 10x10, $\phi$ 5 mm, acero B 500 T 6x2,20 UNE 36092 realizada sobre lámina de espuma de polietileno de alta densidad de 5 mm de espesor, que actúa como aislamiento acústico, recibidas con adhesivo cementoso de uso exclusivo para interiores, C0 sin ninguna característica adicional, color gris y rejuntadas con mortero de juntas cementoso con absorción de agua reducida, CG2W, para junta mínima (entre 1,5 y 3 mm) con la misma tonalidad de las piezas.
Solado 3	<b>Escaleras:</b> huella de mármol, acabado pulido y tabica de mármol Crema Levante, acabado pulido, zanquín de mármol Crema Levante de dos piezas de 37x7x2 cm, recibido con mortero de cemento M-40 (1:6)

Parámetros que determinan las previsiones técnicas

Solado 1	No hay requerimientos específicos, únicamente los exigidos por el diseño específico de la edificación.
Solado 2	El suelo al tratarse de zonas húmedas de la edificación tendrá una denominación de Clase 2 con un índice de resababilidad $35 < R_d < 45$ , para el cumplimiento de los especificados en el documento básico de SU-I.
Solado 3	No hay requerimientos específicos, únicamente los exigidos por el diseño específico de la edificación.

#### **Cubierta**

Cubierta 1

Descripción del sistema:

<p><b>Cubierta plana o terraza transitable:</b></p> <p>Aislamiento térmico en panel rígido de poliestireno extruido o lana de roca, con uniones a media madera o boca de lobo y espesor mínimo 3,00 cm, homologado.</p> <p>Solería general prensada. Ladrillo 14 x 28 x 2 cm, trasdós estriado, homologada, juntas de 8 mm avitoladas pulidas por fricción con las de Morón, aparejo a la palma preferiblemente o a la portuguesa. Colocación a la pellada con mortero bastardo de agarre M7.5-b.</p> <p>Lámina impermeabilizante con uniones solapadas, solapes a favor de la pendiente como mínimo 15 cm perimetralmente.</p> <p>Capa de regularización con mortero bastardo M5-b de espesor mínimo 1,50 cm.</p> <p>Formación de pendiente con hormigón celular según proyecto, enrasada sobre maestras de tabicones perimetrales y en diagonal.</p> <p>Barrera de vapor aplicada in situ con polímeros o caucho líquido.</p> <p>Para cubiertas no transitables la terminación se realizará en capa de gravilla (mínimo diámetro 8 a 15 mm), de protección de la lámina asfáltica.</p>
--

Parámetros que determinan las previsiones técnicas

Cubierta 1	Cumplirá con los requisitos determinados en el DB de HS-1 y los exigidos en el anexo de cálculo de HE-1 del DB "Ahorro de energía"
------------	--

#### **Otros acabados**

Otros acabados 1

Otros acabados 2

Otros acabados 3

Descripción del sistema:


Parámetros que determinan las previsiones técnicas

Otros acabados 1

Otros acabados 2

Otros acabados 3


#### E. Sistema de acondicionamiento ambiental:

Entendido como tal, la elección de materiales y sistemas que garanticen las condiciones de higiene, salud y protección del medioambiente, de tal forma que se alcancen condiciones aceptables de salubridad y estanqueidad en el ambiente interior del edificio y que éste no deteriore el medio ambiente en su entorno inmediato, garantizando una adecuada gestión de toda clase de residuos.

Las condiciones aquí descritas deberán ajustarse a los parámetros establecidos en el Documento Básico HS (Salubridad), y en particular a los siguientes:

HS 1

Protección frente a la  
humedad

**Muros:** Se ha considerado la impermeabilización del muro del sótano por el exterior del mismo.

**Suelos:** La losa del sótano se protegerá del terreno con capa de bolos sobre la que se colocará una lámina de polietileno.

**Fachada:** El revestimiento exterior de la fachada será impermeable al agua.

**Cubierta:** Lámina impermeabilizante con uniones solapadas, solapes a favor de la pendiente como mínimo 15 cm perimetralmente.

HS 2

Recogida y evacuación de  
residuos

Se dispondrá en la vivienda de varios contenedores independientes para la recogida de Papel/Cartón, envases ligeros, materia orgánica, vidrio y varios.

HS 3

Calidad del aire interior

La ventilación de la vivienda se realizará utilizando como abertura de admisión en las estancias las ventanas exteriores que serán de cales 2,3, o 4 según Norma UNE-EN 12207:2000 y conduciendo el aire a través de la rejillas conectadas al falso techo hasta los núcleos húmedos donde se ubican los conductos de extracción de híbridos.

#### F. Sistema de servicios:

Se entiende por sistema de servicios el conjunto de servicios externos al edificio necesarios para el correcto funcionamiento de éste.

Abastecimiento de agua

Se conectará el abastecimiento de agua de la red general del municipio con acometida desde el pie de la edificación donde en la actualidad existe red de abastecimiento.

Evacuación de agua

La evacuación de aguas se realizará a través de la red de saneamiento existente que discurre por el frente de la edificación, conectándola a la misma.

Suministro eléctrico

Se conectará a la red eléctrica existente que discurre por la fachada de la edificación

Telefonía

Se conectará a la red eléctrica existente que discurre por la fachada de la edificación

Telecomunicaciones

Recogida de basura

El municipio dispone de servicio regular de recogida de basuras directamente desde la calle donde se ubica la edificación.

Otros


## 1.4.- Prestaciones del edificio

Por requisitos básicos y en relación con las exigencias básicas del CTE. Se indicarán en particular las acordadas entre promotor y proyectista que superen los umbrales establecidos en CTE.

Requisitos básicos:	Según CTE		En proyecto	Prestaciones según el CTE en proyecto
Seguridad	DB-SE	Seguridad estructural	DB-SE	De tal forma que no se produzcan en el edificio, o partes del mismo, daños que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio.
	DB-SI	Seguridad en caso de incendio	DB-SI	De tal forma que los ocupantes puedan desalojar el edificio en condiciones seguras, se pueda limitar la extensión del incendio dentro del propio edificio y de los colindantes y se permita la actuación de los equipos de extinción y rescate.
	DB-SU	Seguridad de utilización	DB-SU	De tal forma que el uso normal del edificio no suponga riesgo de accidente para las personas.
Habitabilidad	DB-HS	Salubridad	DB-HS	Higiene, salud y protección del medioambiente, de tal forma que se alcancen condiciones aceptables de salubridad y estanqueidad en el ambiente interior del edificio y que éste no deteriore el medio ambiente en su entorno inmediato, garantizando una adecuada gestión de toda clase de residuos.
	DB-HR	Protección frente al ruido	DB-HR	De tal forma que el ruido percibido no ponga en peligro la salud de las personas y les permita realizar satisfactoriamente sus actividades.
	DB-HE	Ahorro de energía y aislamiento térmico	DB-HE	De tal forma que se consiga un uso racional de la energía necesaria para la adecuada utilización del edificio. Cumple con la <b>UNE EN ISO 13 370: 1999</b> "Prestaciones térmicas de edificios. Transmisión de calor por el terreno. Métodos de cálculo".
Requisitos básicos:	Según CTE		En proyecto	Prestaciones que superan al CTE en proyecto
Seguridad	DB-SE	Seguridad estructural	DB-SE	No procede
Funcionalidad	DB-SI	Seguridad en caso de incendio	DB-SI	No procede
	DB-SU	Seguridad de utilización	DB-SU	No procede
				nas con movilidad y comunicación reducidas.
Habitabilidad	DB-HS	Salubridad	DB-HS	No procede
	DB-HR	Protección frente al ruido	DB-HR	No procede
	DB-HE	Ahorro de energía	DB-HE	No procede
		servicios		en su normativa específica.
Funcionalidad		El edificio solo podrá destinarse a los usos previstos en el proyecto. La dedicación de algunas de sus dependencias a uso distinto del proyectado requerirá de un proyecto de reforma y cambio de uso que será objeto de licencia nueva. Este cambio de uso será posible siempre y cuando el nuevo destino no altere las condiciones del resto del edificio ni sobrecargue las prestaciones iniciales del mismo en cuanto a estructura, instalaciones, etc.		
Limitaciones de uso del edificio:				
Limitaciones de uso de las dependencias:				
Limitación de uso de las instalaciones:				

## ESTUDIO DE ARQUITECTURA Y URBANISMO CM ARQUITECTOS

ARQUITECTO:

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'X' followed by a horizontal line, a vertical line, and a final flourish.

RAMÓN CUENCA MONTES  
COAJ 330

CONSTRUCTION PLANS



FRONTAL ELEVATION PLAN

ESTUDIO RCM  
ARQUITECTURA  
Y DISEÑO

PROYECTO BASICO DE EDIFICIO DE OCHO VIVIENDAS GARAJE Y TRASTEROS EN LOS VILLARES

PROMOTOR: GRUPO ACTIN & SOLPER S.L.

DIRECCIÓN: C/ ESCRIBANO ANTONIO DE VILLAREAL Nº 23

FECHA: FEBRERO 2007

E: 1/100

P: 10 SECCION

P\_10

A2

ARQUITECTO:

RAMÓN CUENCA MONTES

COAJ 180

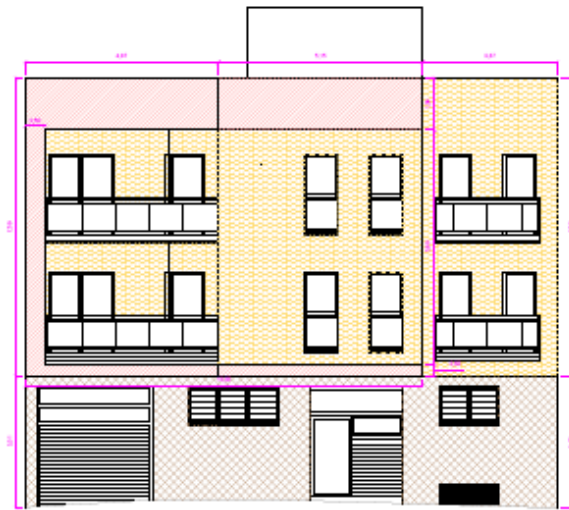




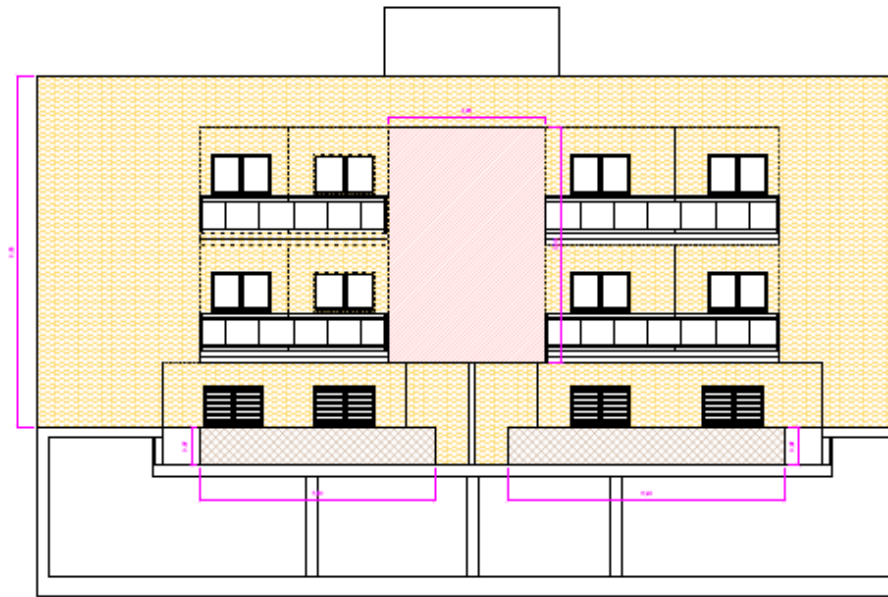
ALZADO TRASERO

## BACK ELEVATION PLAN

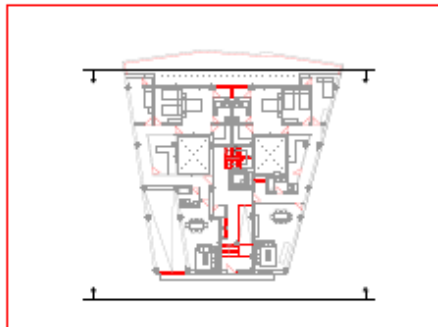
ESTUDIO RCM ARQUITECTOS DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	PROYECTO BASICO DE EDIFICIO DE OCHO VIVIENDAS GARAJE Y TRASTEROS EN LOS VILLARES			
	PROMOTOR:	GRUPO ACTIN & SOLPER S.L.	P_10	
	DIRECCIÓN:	C/ ESCRIBANO ANTONIO DE VILLAREAL Nº 23	E_1/100	ARQUITECTO:
	FECHA:	FEBRERO 2007	P_10 SECCIÓN	A2 RAMÓN CUENCA MONTES COAJ 180



ALZADO PRINCIPAL

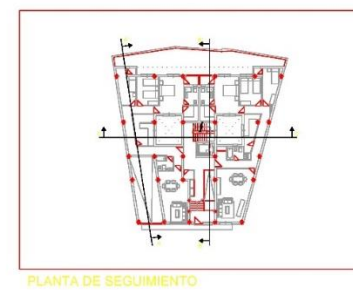


ALZADO LATERAL

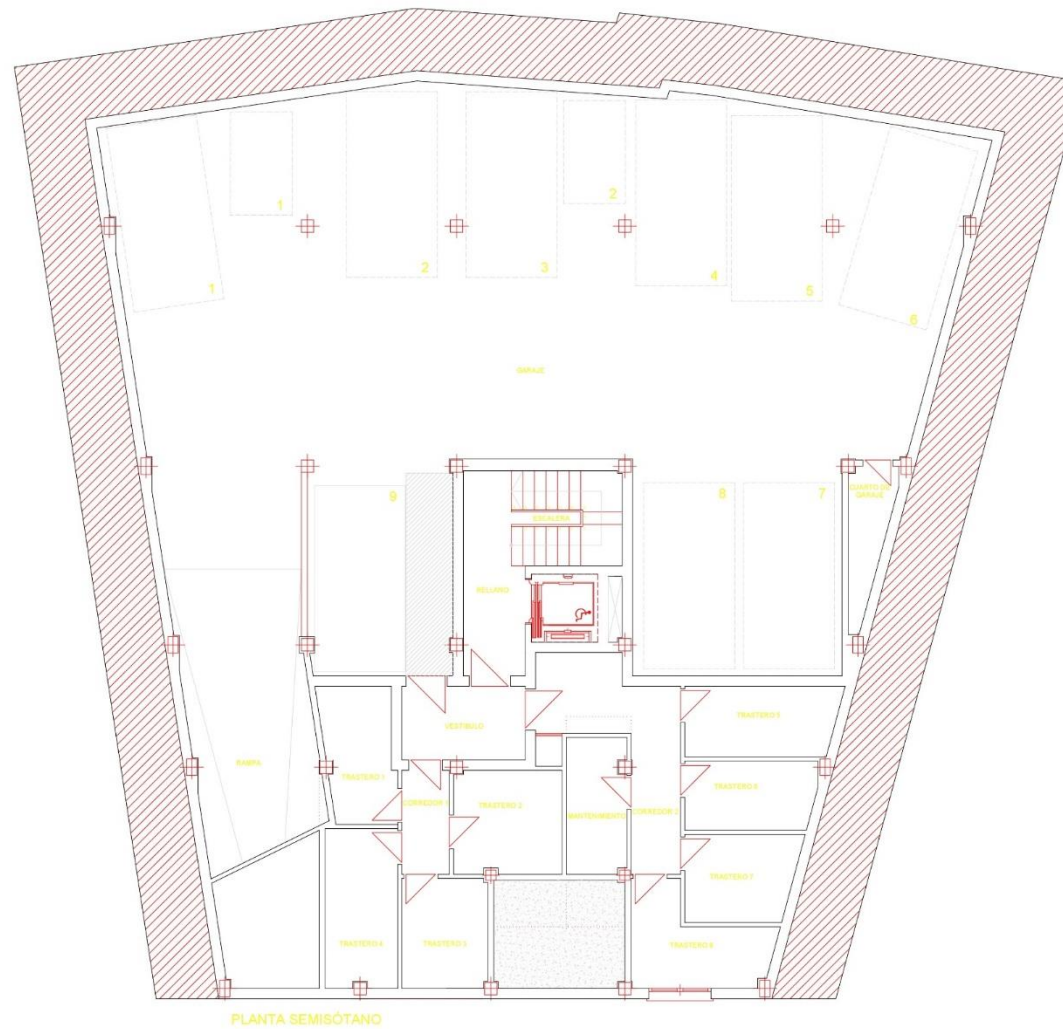


-  APLICADO DINÁMICO TYPE BTOWNER MODELO DURANGO ARBINA
-  APLICADO DINÁMICO TYPE BTOWNER MODELO TIGON PULPE
-  EMPERADO EXTERIOR MANUTENIDO Y PAVIMENTO CON MORTERO M 7 S HONDURADO Y ENLUCIDO EN COLOR BLANCO ROJO

FAÇADES QUALITIES

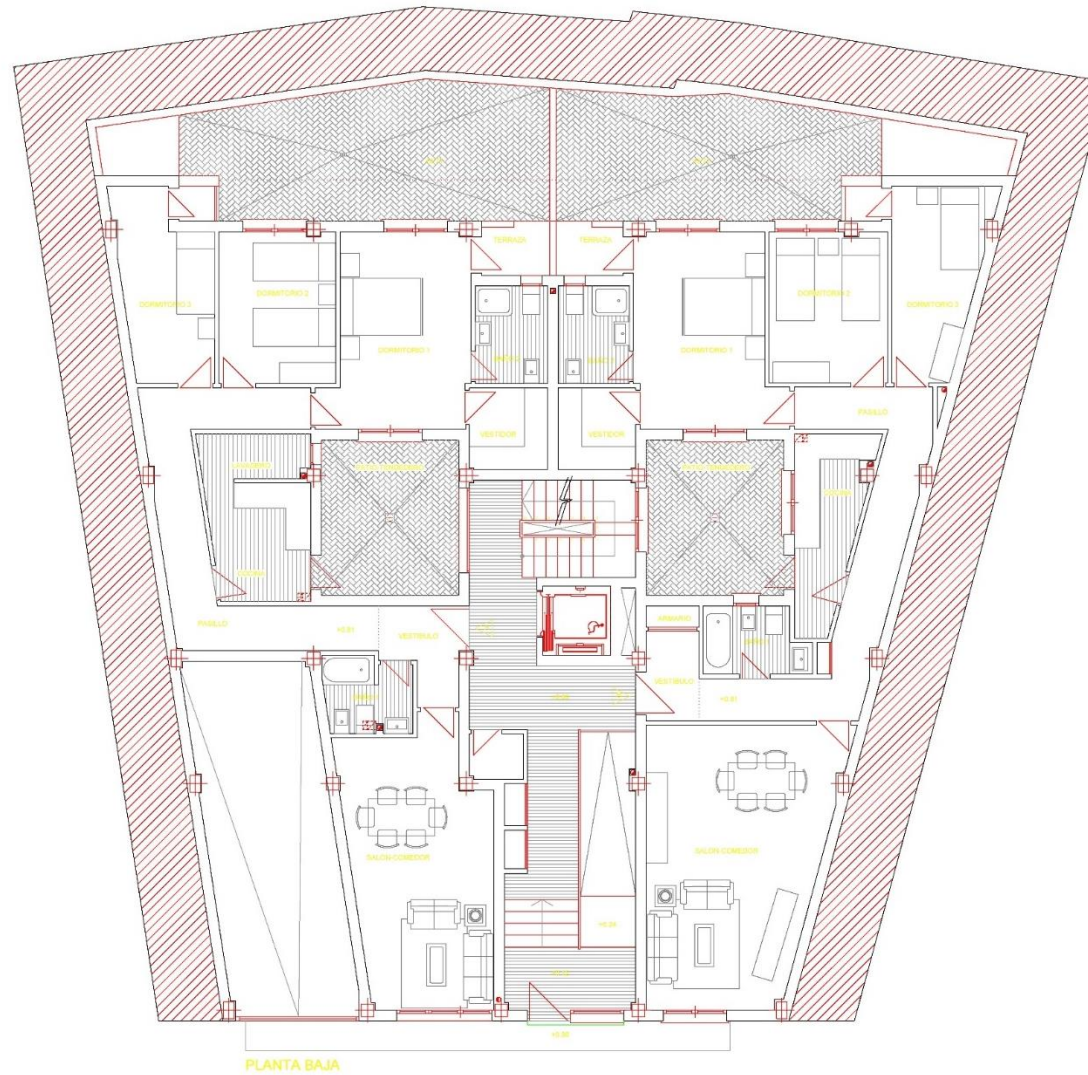


## CROSS-SECTIONS PLANS



## GARAGE SPACE PLAN

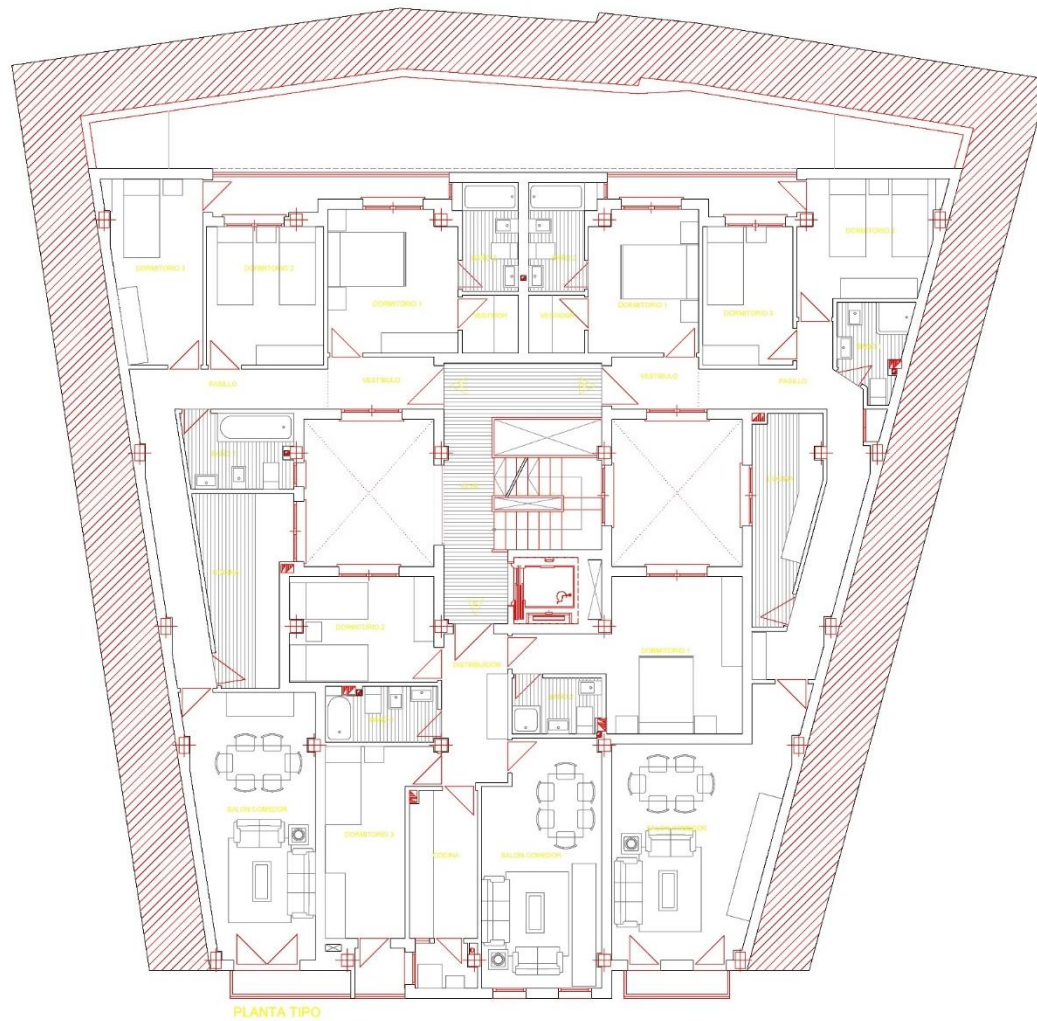
ESTUDIO RCM ARQUITECTOS Y DISEÑADORES	PROYECTO BASICO DE EDIFICIO DE OCHO VIVIENDAS GARAJE Y TRASTEROS EN LOS VILLARES				
	PROMOTOR:	GRUPO ACTIN & SOLPER S.L.	P_10		
	DIRECCIÓN:	C/ ESCRIBANO ANTONIO DE VILLAREAL Nº 23	E_1/100	X-1-1	
	FECHA:	FEBRERO 2007	P_10 SECCION	A2	RAMÓN CUENCA MONTES COAJ 185



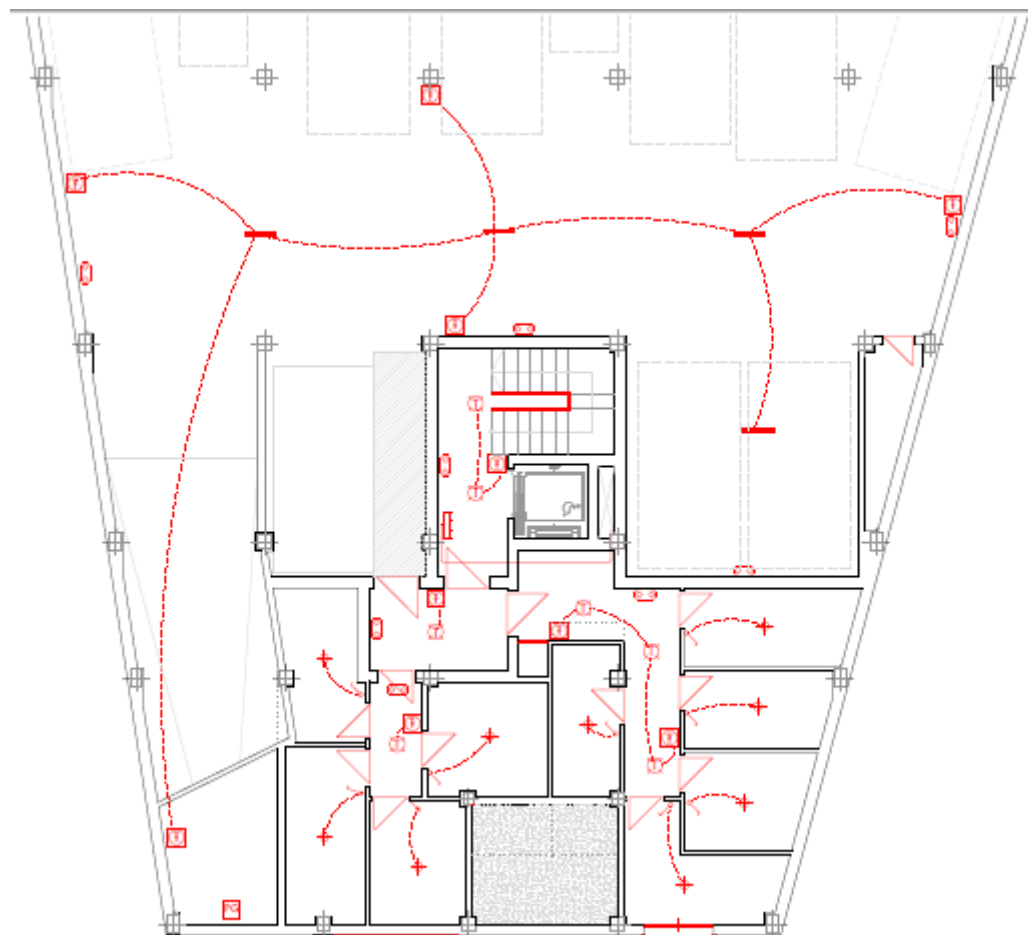
GROUND FLOOR PLAN

ESTUDIO RCM ARQUITECTOS Y DISEÑADORES	PROYECTO BASICO DE EDIFICIO DE OCHO VIVIENDAS GARAJE Y TRASTEROS EN LOS VILLARES				
	PROMOTOR:	GRUPO ACTIN & SOLPER S.L.	E_1/100		P_10
	DIRECCIÓN:	C/ ESCRIBANO ANTONIO DE VILLAREAL Nº 23	P_10 SECCION		A2
	FECHA:	FEBRERO 2007	ARCHITECTO: RAMÓN CUENCA MONTES COAJ 385		



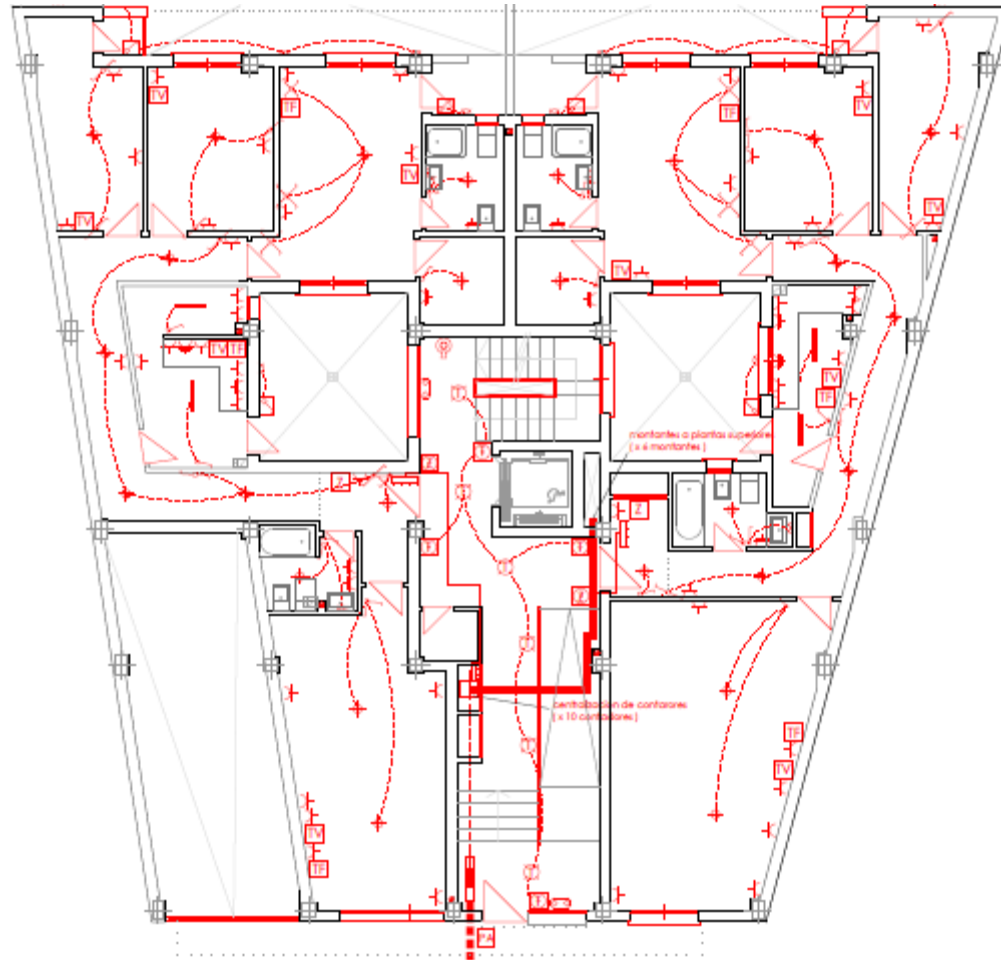


TYPE FLOOR PLAN (1ST AND 2ND FLOORS)



## GARAGE SPACE ELECTRICAL INSTALLATION

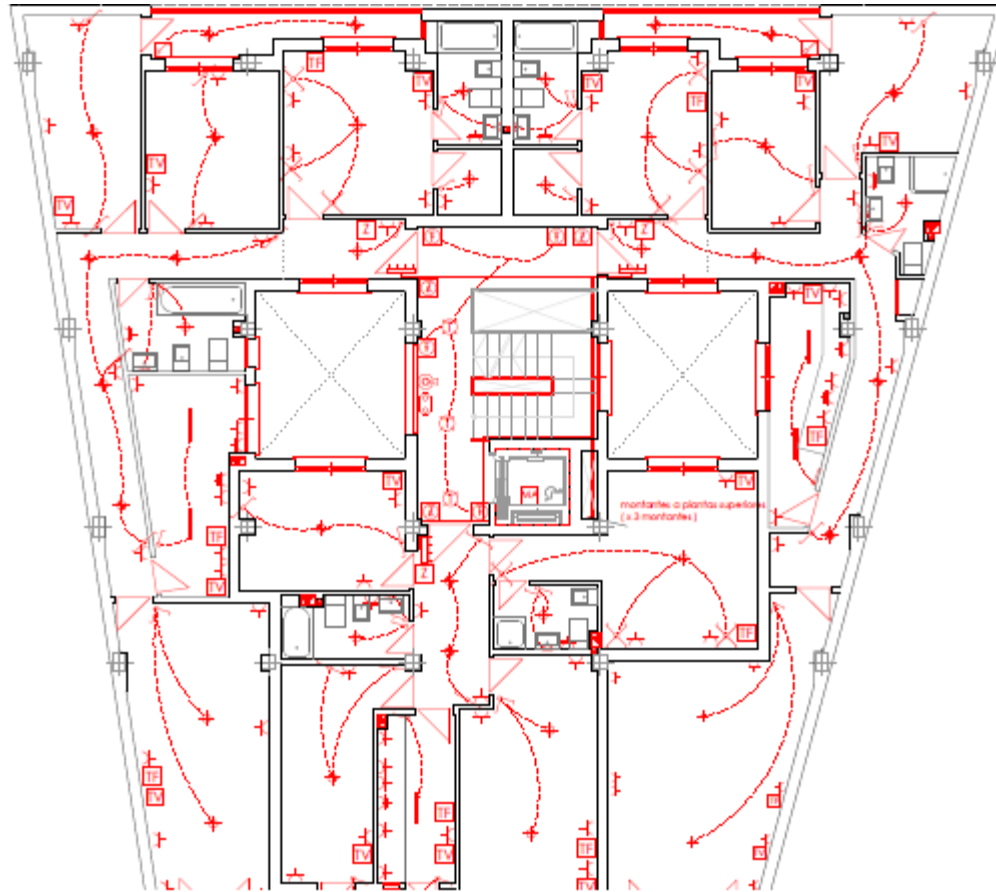
ESTUDIO RCMA ARQUITECTURA INGENIERIA URBANISMO				PROYECTO BASICO DE EDIFICIO DE OCHO VIVIENDAS GARAJE Y TRASTEROS EN LOS VILLARES			
PROMOTOR:	GRUPO ACTIN & SOLPER S.L.			P_10	ARQUITECTO:		
DIRECCIÓN:	C/ ESCRIBANO ANTONIO DE VILLAREAL Nº 23	E: 1/100			RAMÓN CUBIÑA MONTES		
FECHA:	FEBRERO 2007	P_10 SECCIÓN		A2	CDIAJ 330		



## GROUND FLOOR ELECTRICAL INSTALLATION

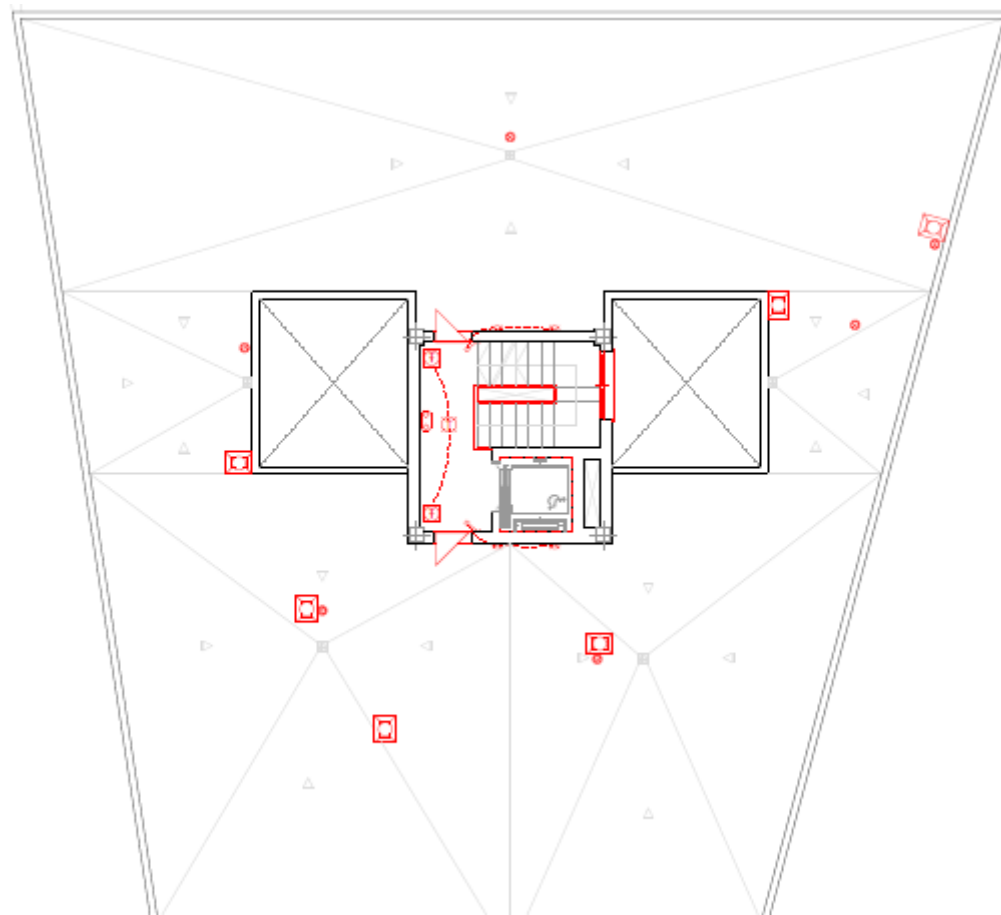
ESTUDIO RCM ARQUITECTOS DISEÑADORES	PROYECTO BASICO DE EDIFICIO DE OCHO VIVIENDAS GARAJE Y TRASTEROS EN LOS VILLARES				
	PROMOTOR:	GRUPO ACTIN & SOLPER S.L.	P_10		
	DIRECCIÓN:	C/ ESCRIBANO ANTONIO DE VILLAREAL Nº 23	E_1/100	ARCHITECTO:	
	FECHA:	FEBRERO 2007	P_10 SECCION	RAMÓN CUENCA MONTES COA/180	





TYPE FLOOR ELECTRICAL INSTALLATION (1ST AND 2ND FLOORS)

























ESTUDIO RCM ARQUITECTOS URBANISMO	PROYECTO BASICO DE EDIFICIO DE OCHO VIVIENDAS GARAJE Y TRASTEROS EN LOS VILLARES				
	PROMOTOR:	GRUPO ACTIN & SOLPER S.L.	E_1/100	P_10	ARQUITECTO:
	DIRECCIÓN:	C/ ESCRIBANO ANTONIO DE VILLAREAL Nº 23			X-1-1
	FECHA:	FEBRERO 2007	P_10 SECCION	A2	RAMÓN CUENCA MONTES COA/180





## COVER ELECTRICAL INSTALLATION

ESTUDIO RCM ARQUITECTOS Y DISEÑADORES	PROYECTO BASICO DE EDIFICIO DE OCHO VIVIENDAS GARAJE Y TRASTEROS EN LOS VILLARES			
	PROMOTOR:	GRUPO ACTIN & SOLPER S.L.	P_10	
	DIRECCIÓN:	C/ ESCRIBANO ANTONIO DE VILLAREAL Nº 23	E_1/100	ARQUITECTO:
	FECHA:	FEBRERO 2007	P_10 SECCION	A2 RAMÓN CUENCA MONTES COAJ 180

LEYENDA INST. ELÉCTRICA

	CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN Y MANDO
	PUNTO DE LUZ EN TECHO
	PUNTO DE LUZ EN TECHO CONMUTADO
	PUNTO DE LUZ EN PARED
	FLUORESCENTE
	ZUMBADOR
	INTERRUPTOR UNIPOLAR
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR CONMUTADO
	INTERRUPTOR CRUZAMIENTO
	INTERRUPTOR ESTANCO
	BASE DE ENCHUFE DE 16 A
	BASE DE ENCHUFE DE 20 A
	BASE DE ENCHUFE DE 25 A
	TOMA DE TV Y FM
	TOMA DE TELÉFONO
	PORTERO AUTOMÁTICO
	PULSADOR TIMBRE
	PULSADOR CIRCUITO TEMPORIZADO
	PUNTO DE LUZ TEMPORIZADO
	MOTOR ASCENSOR
	LUZ DE EMERGENCIA
	EXTINTOR DE INCENDIO
	PUERTA GARAJE

	PVC RÍGIDO Y CONDUCTORES DE COBRE 1.6 mm <sup>2</sup> + CONDUCTOR ROJO DE 1.5 mm <sup>2</sup> PARA TARIFA NOCTURNA
	CABLE DE COBRE DE 5 CONDUCTORES DE 1.6 mm <sup>2</sup> AISLADA BAJO TUBO DE PVC.

ELECTRICAL INSTALLATION LEGEND